

Física
Nivel medio
Prueba 1

Viernes 6 de mayo de 2016 (mañana)

45 minutos

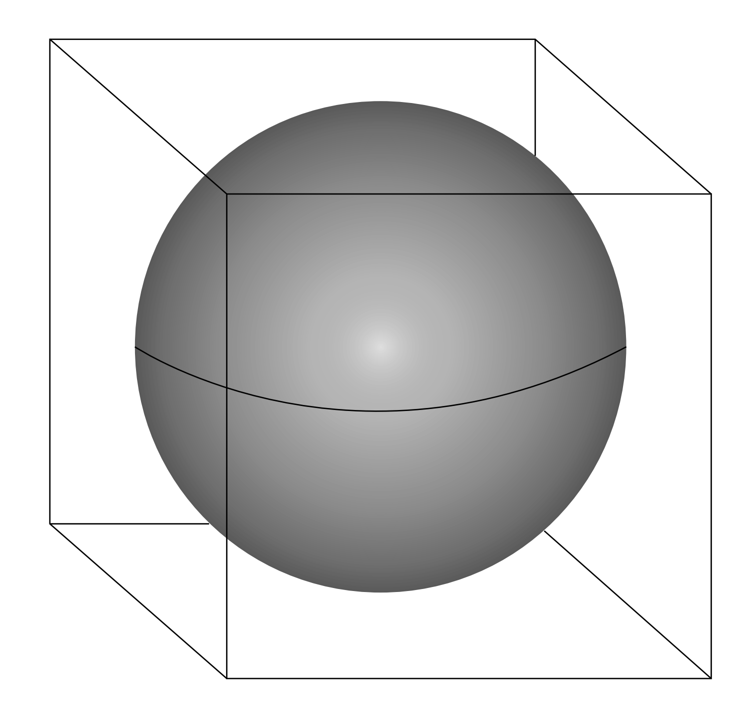
Instrucciones para los alumnos

- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas.
- Seleccione la respuesta que considere más apropiada para cada pregunta e indique su elección en la hoja de respuestas provista.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de física** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[30 puntos]**.

2216 – 6528

17 páginas

1. Una esfera encaja dentro de un cubo.



La longitud del cubo y el diámetro de la esfera son $10{,}0 \pm 0{,}2\,\text{cm}$.

¿Cuál es el cociente $\dfrac{\text{incertidumbre en porcentaje en el volumen de la esfera}}{\text{incertidumbre en porcentaje en el volumen del cubo}}$?

A. $\dfrac{3}{4\pi}$

B. 1

C. 2

D. 8

2. Una piscina contiene $18 \times 10^{6}\,\text{kg}$ de agua pura. La masa molar del agua es de $18\,\text{g mol}^{-1}$. ¿Cuál es la estimación correcta del número de moléculas de agua en la piscina?

A. 10^{4}

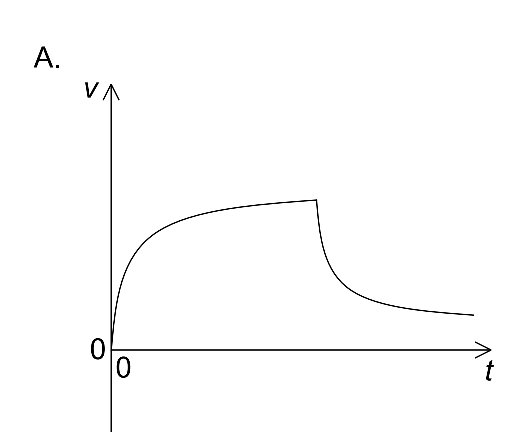
B. 10^{24}

C. 10^{25}

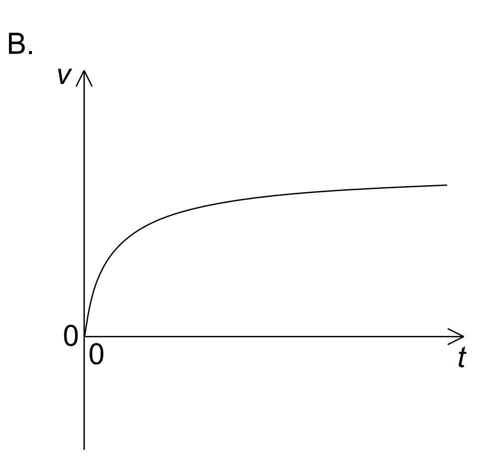
D. 10^{33}

3. Un avión se desplaza en horizontal. Una paracaidista salta del avión y pocos segundos después abre su paracaídas. ¿Cuál de las gráficas muestra la variación de la rapidez vertical v frente al tiempo t para la paracaidista desde el instante en que salta del avión hasta que está a punto de tocar tierra?

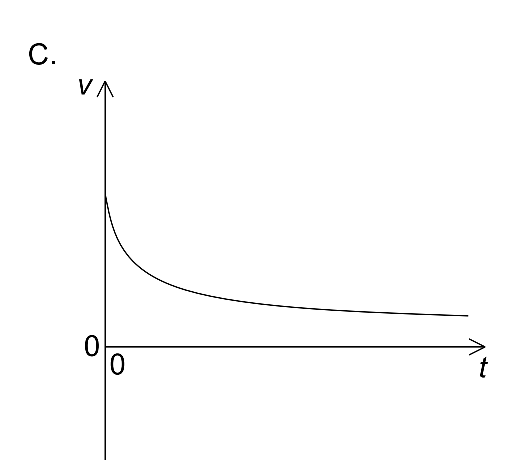
A.



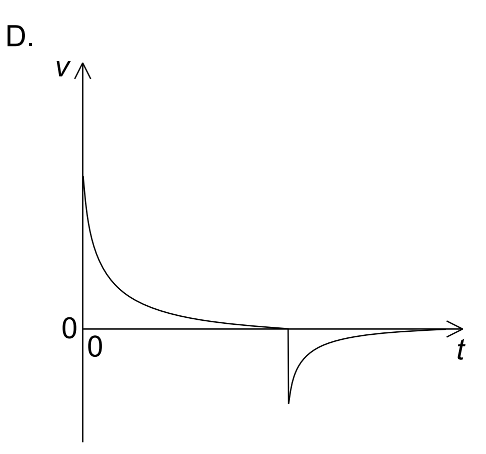
B.



C.



D.



4. Un objeto de masa m reposa sobre un plano horizontal. Se hace aumentar lentamente desde cero el ángulo θ que forma el plano con la horizontal. Cuando $\theta = \theta_0$, el objeto comienza a deslizarse. ¿Cuáles son el coeficiente de rozamiento estático μ_s y la fuerza de reacción normal N del plano en $\theta = \theta_0$?

	μ_s	N
A.	sen θ_0	mg cos θ_0
B.	tan θ_0	mg sen θ_0
C.	sen θ_0	mg sen θ_0
D.	tan θ_0	mg cos θ_0

5. Una piedra cae a velocidad constante en vertical por un tubo lleno de aceite. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones sobre los cambios de energía de la piedra durante su movimiento son correctas?

I. La ganancia en energía cinética es menor que la pérdida en energía potencial gravitatoria.

II. La suma de las energías cinética y potencial gravitatoria de la piedra es constante.

III. El trabajo efectuado por la fuerza de gravedad tiene la misma magnitud que el trabajo efectuado por el rozamiento.

A. Solo I y II

B. Solo I y III

C. Solo II y III

D. I, II y III

6. Un resorte (muelle) de masa despreciable y longitud l_0 cuelga de un punto fijo. Cuando se fija una masa *m* al extremo libre del resorte, aumenta la longitud de este hasta l. La tensión en el resorte es igual a $k\Delta x$, en donde *k* es una constante y Δx es la extensión del resorte. ¿Qué es *k*?

A. $\frac{mg}{l_0}$

B. $\frac{mg}{l}$

C. $\frac{mg}{l - l_0}$

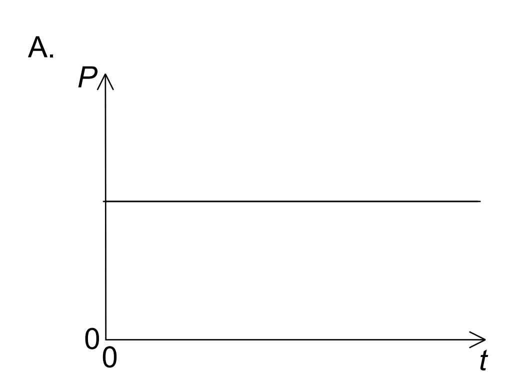
D. $\frac{mg}{l_0 - l}$

7. Una pelota de masa m se desplaza en horizontal con rapidez u. La pelota choca con una pared vertical y rebota en sentido opuesto con rapidez $v<u$. La duración de la colisión es T. ¿Cuáles serán la magnitud (módulo) de la fuerza media ejercida por la pared sobre la pelota y la pérdida de energía cinética de la pelota?

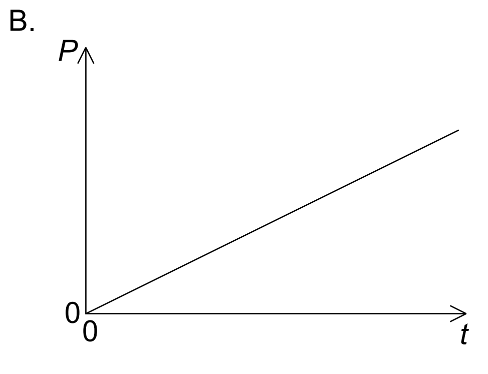
	Fuerza media	Pérdida de energía cinética
A.	$\frac{m(u+v)}{T}$	$\frac{m(u^2-v^2)}{2}$
B.	$\frac{m(u+v)}{T}$	$\frac{m(u-v)^2}{2}$
C.	$\frac{m(u-v)}{T}$	$\frac{m(u^2-v^2)}{2}$
D.	$\frac{m(u-v)}{T}$	$\frac{m(u-v)^2}{2}$

8. Un tren sobre una vía horizontal recta se desplaza desde el reposo a aceleración constante. Las fuerzas horizontales sobre el tren son la fuerza del motor y una fuerza de resistencia que aumenta con la rapidez. ¿Cuál de las gráficas representa la variación con el tiempo t de la potencia P desarrollada por el motor?

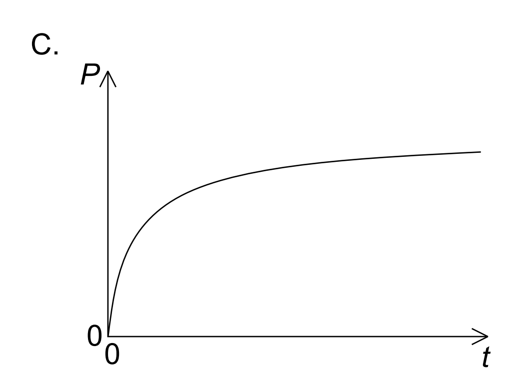
A.



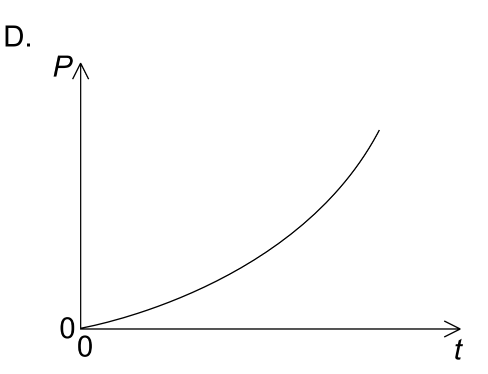
B.



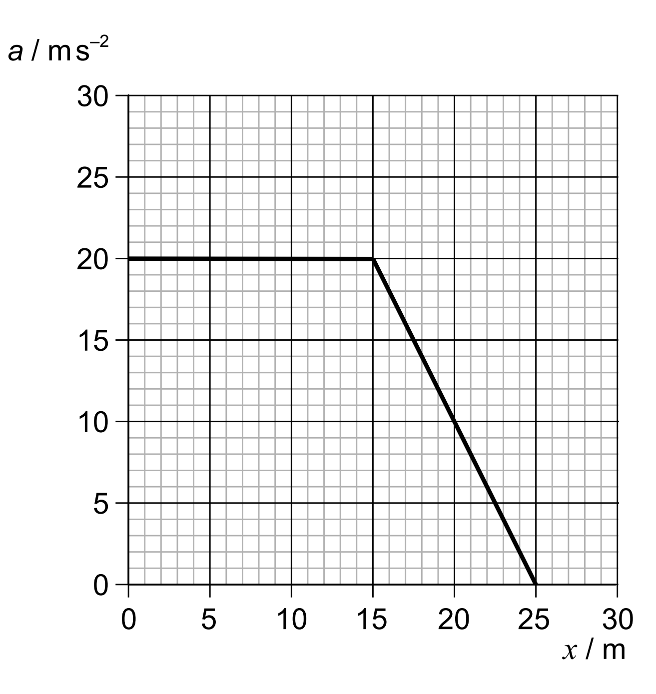
C.



D.



9. En la gráfica se muestra cómo varía la aceleración a de un objeto frente a la distancia recorrida x.



La masa del objeto es 3,0 kg. ¿Cuál será el trabajo total efectuado sobre el objeto?

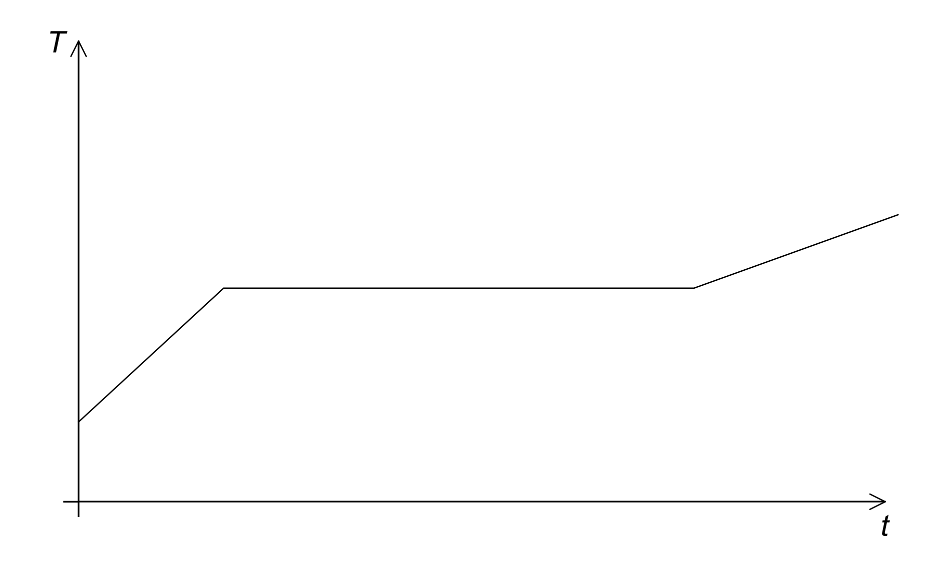
A. 300 J

B. 400 J

C. 1200 J

D. 1500 J

10. Se calienta una sustancia a potencia constante. En la gráfica se muestra cómo varía la temperatura T de la sustancia frente al tiempo t mientras el estado de la sustancia cambia de líquido a gas.



¿Qué se puede determinar a partir de la gráfica?

A. El calor específico del gas es menor que el calor específico del líquido.

B. El calor específico del gas es mayor que el calor específico del líquido.

C. El calor latente específico de fusión de la sustancia es menor que su calor latente específico de vaporización.

D. El calor latente específico de fusión de la sustancia es mayor que su calor latente específico de vaporización.

11. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones **no** es una suposición del modelo cinético de los gases ideales?

A. Todas las partículas en el gas tienen la misma masa.

B. Todas las partículas en el gas tienen la misma rapidez.

C. La duración de las colisiones entre partículas es muy breve.

D. Las colisiones con las paredes del contenedor son elásticas.

12. ¿Qué condiciones de densidad y presión hacen que se describa mejor un gas real mediante la ecuación de estado para un gas ideal?

A. Baja densidad y baja presión

B. Baja densidad y alta presión

C. Alta densidad y baja presión

D. Alta densidad y alta presión

13. Una fuente puntual emite ondas sonoras de amplitud *A*. La intensidad del sonido a una distancia *d* de la fuente es I. ¿Cuál será la intensidad de sonido a una distancia 0,5*d* de la fuente cuando esta emita ondas de amplitud 2*A*?

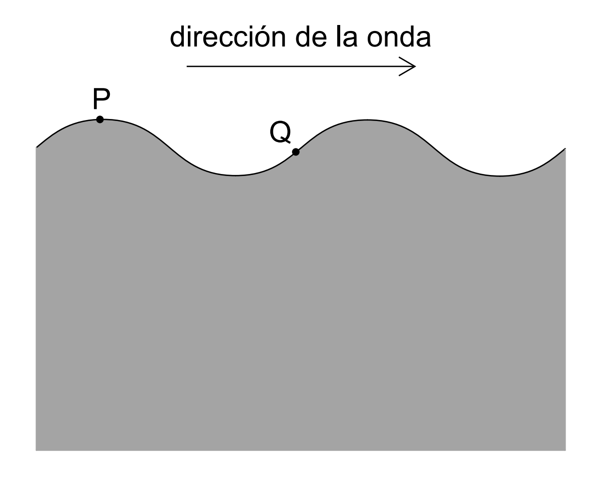
A. $16I$

B. $4I$

C. I

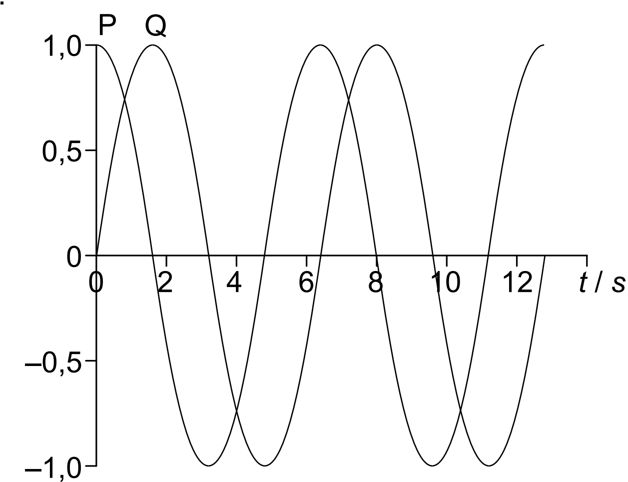
D. $\frac{1}{4}I$

14. Una onda de agua se desplaza sobre la superficie de un lago. P y Q son dos puntos sobre la superficie del agua. La onda se desplaza hacia la derecha.

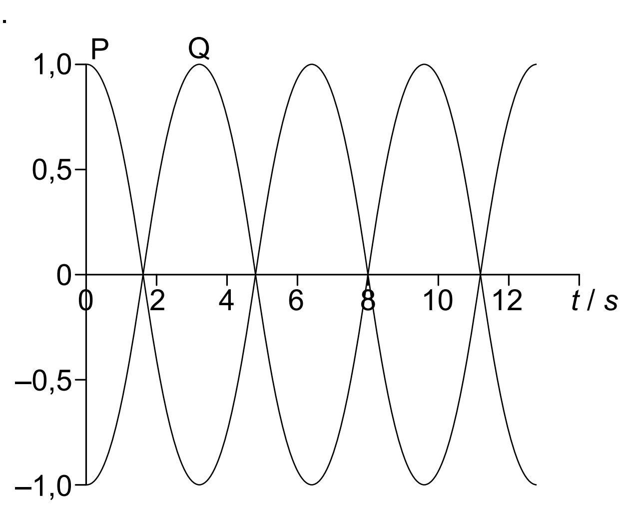


El diagrama muestra la onda en el tiempo $t = 0$. ¿Cuál de las gráficas muestra cómo varían frente a t los desplazamientos de P y Q?

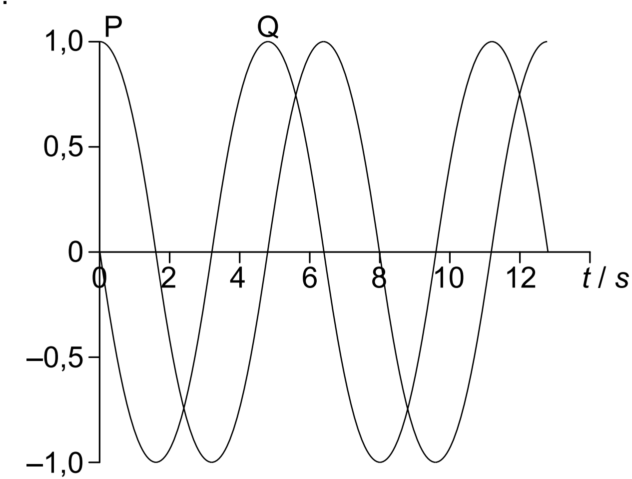
A.



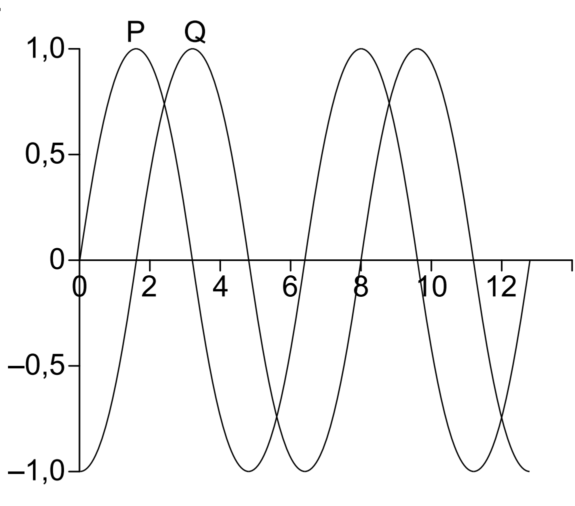
B.



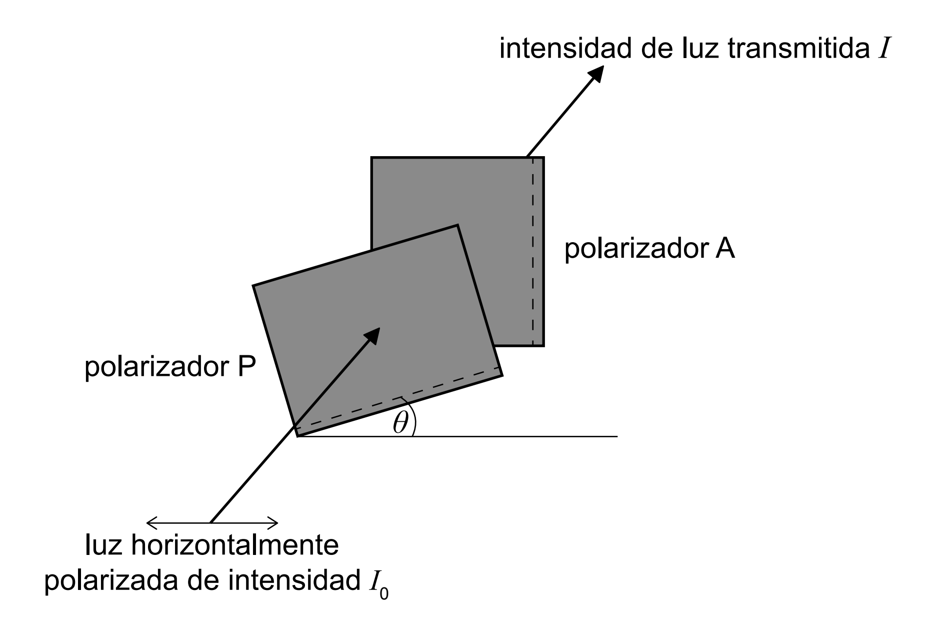
C.



D.



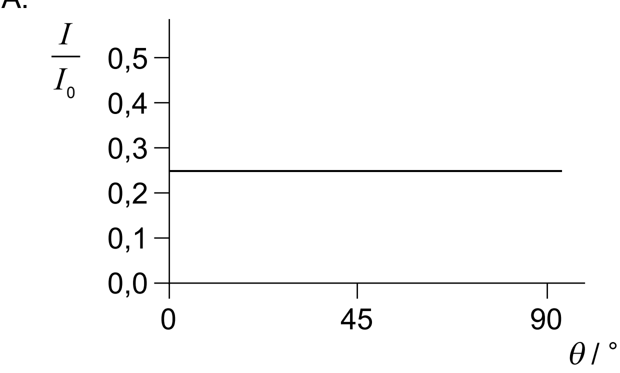
15. En un polarizador P cuyo eje de polarización forma un ángulo de θ grados con la horizontal entra luz horizontalmente polarizada de intensidad I_0. La luz que sale de P incide a continuación en un polarizador A con eje de polarización vertical fijo.



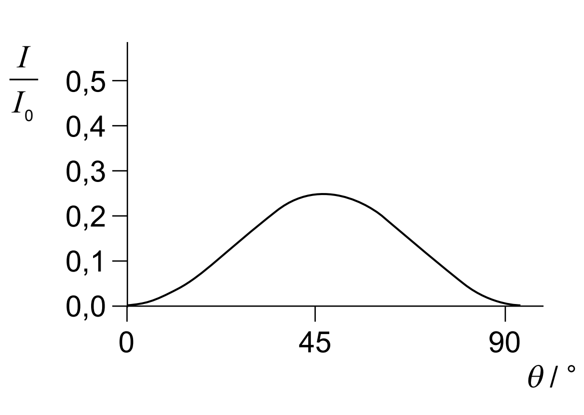
Se hace variar el ángulo θ de 0 a 90 grados. ¿Cuál de las siguientes gráficas representará la variación frente a θ de la intensidad I de la luz transmitida a través de A?



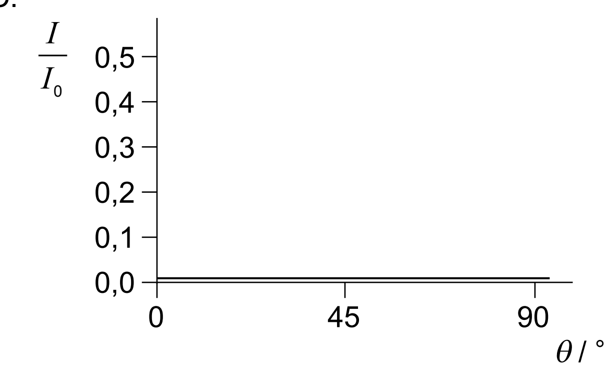
A.



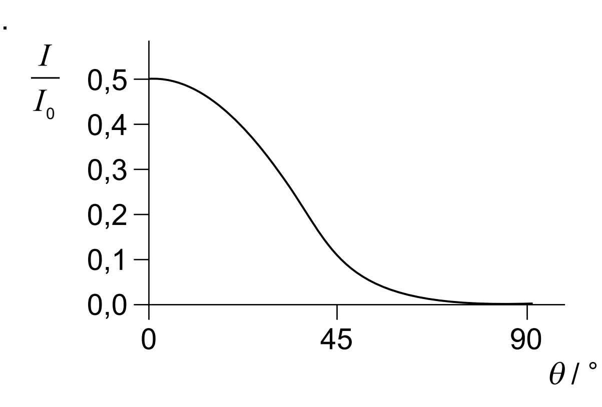
B.



C.



D.



16. Una tubería de longitud L tiene sus dos extremos abiertos. Otra tubería de longitud L' tiene un extremo abierto y el otro cerrado.

La frecuencia del primer armónico para ambas tuberías es la misma. ¿Cuánto valdrá $\frac{L'}{L}$?

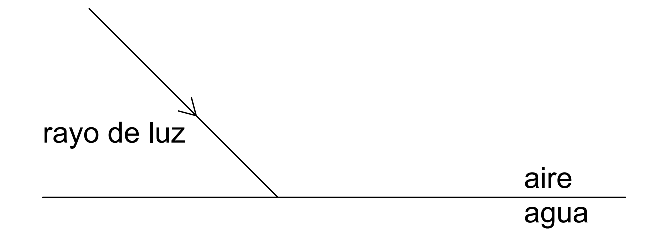
A. 2

B. $\frac{3}{2}$

C. 1

D. $\frac{1}{2}$

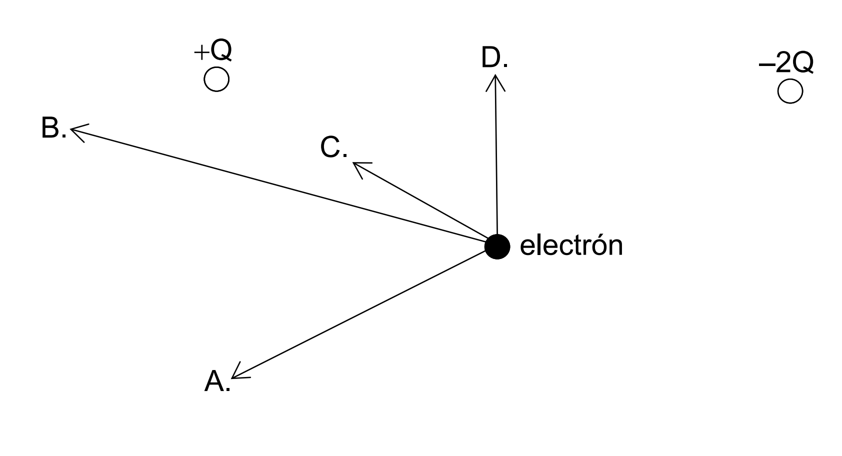
17. Un rayo de luz pasa del aire al agua como se muestra.



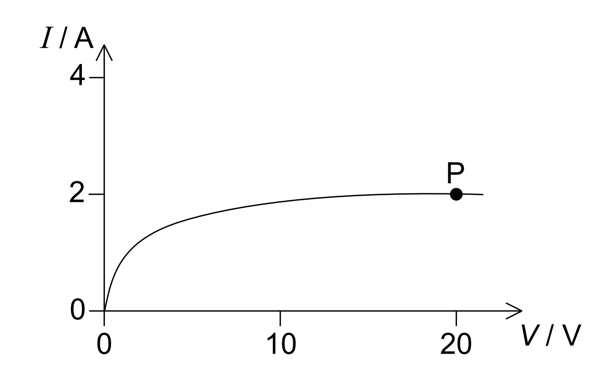
¿Cómo serán los cambios en la longitud de onda de la luz y en el ángulo que forma el rayo con la normal a la superficie?

	Longitud de onda	Ángulo con la normal
A.	aumenta	aumenta
B.	aumenta	disminuye
C.	disminuye	aumenta
D.	disminuye	disminuye

18. Tres cargas fijas, +Q, –Q y –2Q, se encuentran en los vértices de un triángulo equilátero. ¿Cuál es la fuerza resultante sobre un electrón en el centro del triángulo?



19. La gráfica muestra la variación de la corriente I en un dispositivo en el que hay una diferencia de potencial V.



¿Cuál es la resistencia del dispositivo en P?

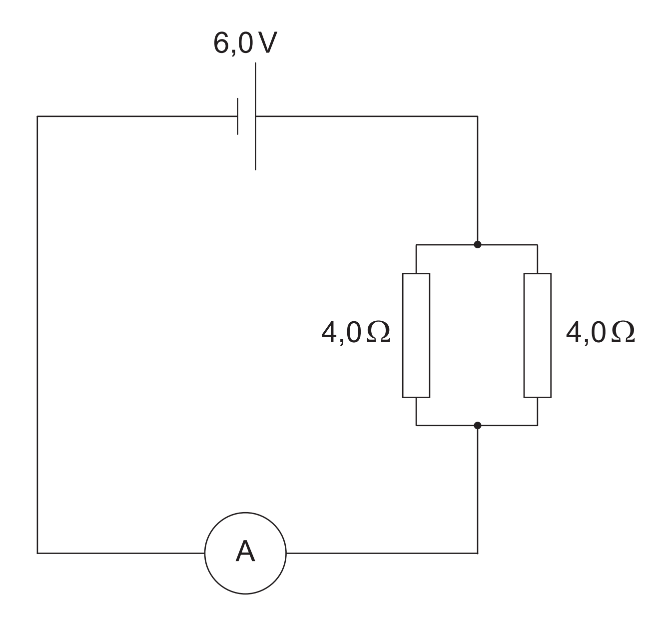
A. cero

B. 0,1 Ω

C. 10 Ω

D. infinito

20. Un circuito consta de una celda de fuerza electromotriz (f.e.m.) 6,0 V y resistencia interna despreciable conectada a dos resistores de 4,0 Ω.



La resistencia del amperímetro es de 1,0 Ω. ¿Cuál será la lectura del amperímetro?

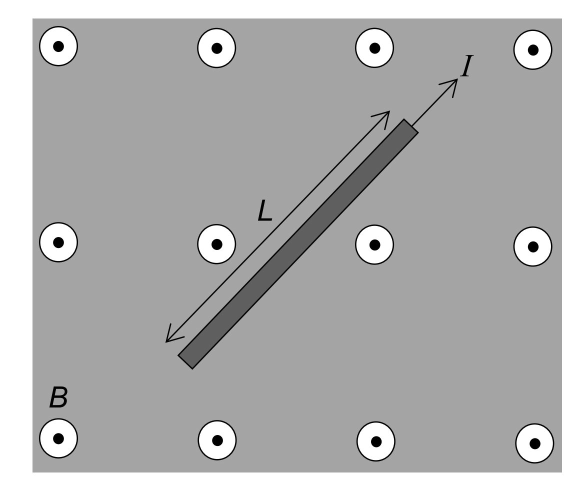
A. 2,0 A

B. 3,0 A

C. 4,5 A

D. 6,0 A

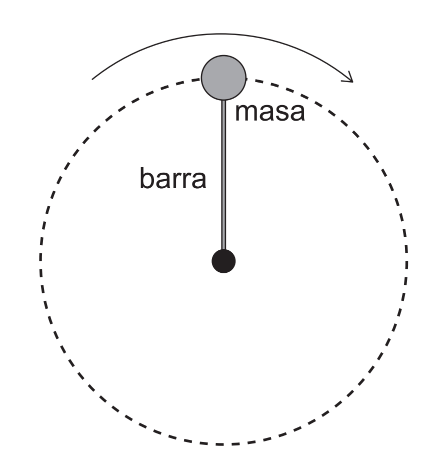
21. Se coloca un cable que transporta una corriente I en una región de campo magnético uniforme *B*, tal como se muestra en el diagrama.



El sentido del campo *B* sale de la página hacia fuera y la longitud del cable es *L*. ¿Qué respuesta describe correctamente la dirección y magnitud (módulo) de la fuerza que actúa sobre el cable?

	Dirección	**Magnitud**
A.	↘	igual a BIL
B.	↘	menor que BIL
C.	↗	igual a BIL
D.	↗	menor que BIL

22. Una masa conectada a un extremo de una barra rígida rota a rapidez constante en un plano vertical alrededor del otro extremo de la barra.



La fuerza ejercida por la barra sobre la masa es

A. cero en todas partes.

B. constante en magnitud (módulo).

C. en sentido siempre hacia el centro.

D. mínima en el extremo superior de la trayectoria circular.

23. El planeta X tiene masa M y radio R. El planeta Y tiene masa $2M$ y radio $3R$. La intensidad del campo gravitatorio en la superficie del planeta X es g. ¿Cuál será la intensidad del campo gravitatorio en la superficie del planeta Y?

A. $\frac{2}{9}g$

B. $\frac{2}{3}g$

C. $\frac{3}{2}g$

D. $\frac{9}{2}g$

24. Un modelo sencillo de un átomo tiene cinco niveles de energía. ¿Cuál es el máximo número de frecuencias diferentes en el espectro de emisión de ese átomo?

A. 4

B. 6

C. 10

D. 25

25. ¿Cuál de las siguientes definiciones es la correcta para la energía de enlace de un núcleo?

A. El producto de la energía de enlace por nucleón por el número de nucleones

B. El mínimo trabajo requerido para separar completamente los nucleones entre sí

C. La energía que mantiene al núcleo unido

D. La energía liberada durante la emisión de una partícula alfa

26. ¿Cuál de las siguientes respuestas enumera tres fuerzas fundamentales en orden creciente de intensidad?

A. electromagnética, gravedad, nuclear fuerte

B. nuclear débil, gravedad, nuclear fuerte

C. gravedad, nuclear débil, electromagnética

D. electromagnética, nuclear fuerte, gravedad

27. ¿Por qué razón se introdujeron originalmente los quarks?

A. Para explicar la existencia de isótopos

B. Para describir espectros de emisión y absorción nuclear

C. Para justificar patrones en las propiedades de las partículas elementales

D. Para justificar la energía y cantidad de movimiento que faltaban en la desintegración beta

28. Un panel solar tiene una área superficial de 0,40 m^2 y un rendimiento del 50 %. La intensidad de radiación media que alcanza la superficie del panel es de 0,25 $kW\,m^{-2}$. ¿Cuál será la potencia de salida media de un conjunto de 10 de estos paneles solares?

A. 0,5 W

B. 5 W

C. 50 W

D. 500 W

29. ¿Cuál es el orden correcto de las transformaciones de energía en una central energética de carbón?

A. térmica $\rightarrow$ química $\rightarrow$ cinética $\rightarrow$ eléctrica

B. química $\rightarrow$ térmica $\rightarrow$ cinética $\rightarrow$ eléctrica

C. química $\rightarrow$ cinética $\rightarrow$ térmica $\rightarrow$ eléctrica

D. cinética $\rightarrow$ química $\rightarrow$ eléctrica $\rightarrow$ térmica

30. Un cuerpo negro con superficie de 1,0 m^2 emite radiación electromagnética con longitud de onda pico $2,90 \times 10^{-6}$ m. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones sobre el cuerpo son correctas?

I. La temperatura del cuerpo es de 1000 K.

II. La energía radiada por el cuerpo en un segundo es de $5,7 \times 10^{4}$ J.

III. El cuerpo absorbe perfectamente la radiación electromagnética.

A. Solo I y II

B. Solo I y III

C. Solo II y III

D. I, II y III



Markscheme

May 2016

Physics

Standard level

Paper 1

2 pages

1.	B	16.	D	31.	–	46.	–
2.	D	17.	D	32.	–	47.	–
3.	A	18.	B	33.	–	48.	–
4.	D	19.	C	34.	–	49.	–
5.	B	20.	A	35.	–	50.	–
6.	C	21.	A	36.	–	51.	–
7.	A	22.	D	37.	–	52.	–
8.	D	23.	A	38.	–	53.	–
9.	C	24.	C	39.	–	54.	–
10.	B	25.	B	40.	–	55.	–
11.	B	26.	C	41.	–	56.	–
12.	A	27.	C	42.	–	57.	–
13.	A	28.	D	43.	–	58.	–
14.	C	29.	B	44.	–	59.	–
15.	B	30.	D	45.	–	60.	–



Física
Nivel medio
Prueba 2

Viernes 6 de mayo de 2016 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

1 hora 15 minutos

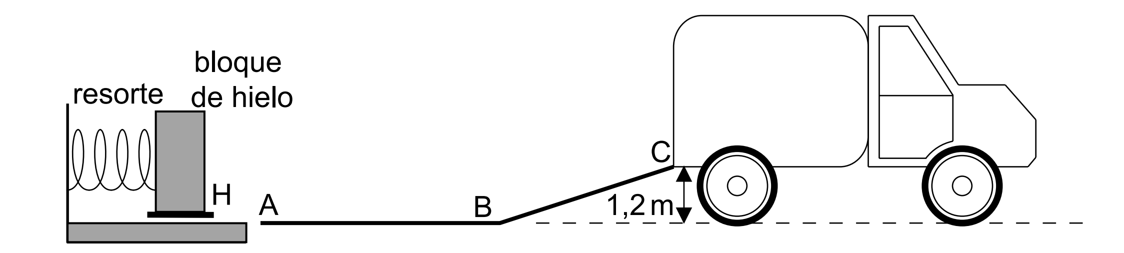
Instrucciones para los alumnos

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas.
- Escriba sus respuestas en las casillas provistas.
- En esta prueba es necesario usar una calculadora.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de física** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[50 puntos]**.

2216 – 6529

Conteste **todas** las preguntas. Escriba sus respuestas en las casillas provistas.

1. Una empresa diseña un sistema de resortes (muelles) para cargar bloques de hielo en un camión. El bloque de hielo se coloca en un soporte H delante del resorte y un motor eléctrico comprime el resorte empujando H hacia la izquierda. Al soltar el resorte, el bloque de hielo sale acelerado hacia una rampa ABC. Cuando el resorte se descomprime totalmente, el bloque de hielo pierde contacto con el resorte en A. La masa del bloque de hielo es de 55 kg.



Suponga que la superficie de la rampa no tiene rozamiento y que las masas del resorte y el soporte son despreciables en comparación con la masa del bloque de hielo.

(a) (i) El bloque llega a C con una rapidez de 0,90 m s^{-1}. Muestre que la energía elástica almacenada en el resorte es de 670 J. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(ii) Calcule la rapidez del bloque en A. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

(b) Describa el movimiento del bloque

(i) de A a B, refiriéndose a la primera ley de Newton. [1]

. . . .

. . . .

(ii) de B a C, refiriéndose a la segunda ley de Newton. [2]

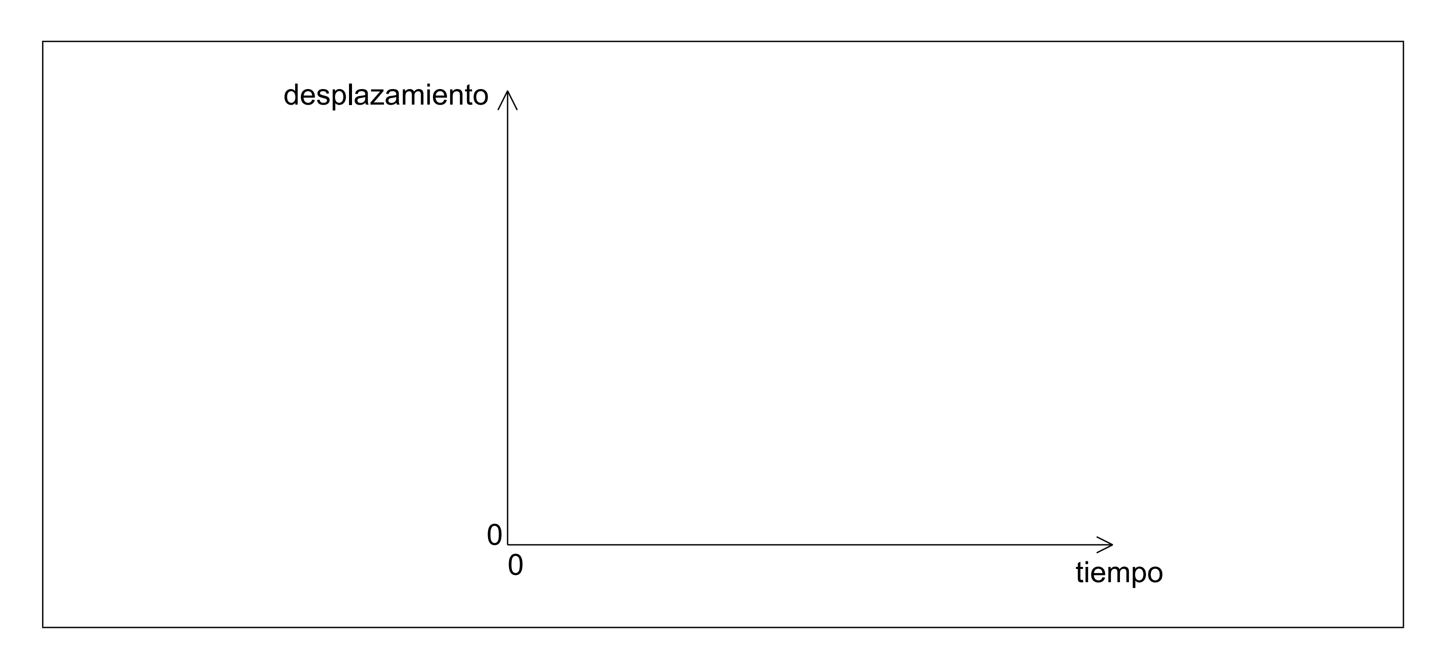
. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(c) Sobre los ejes, dibuje aproximadamente una gráfica que muestre cómo varía el desplazamiento del bloque de A a C frente al tiempo. (No tiene que poner números en los ejes.) [2]



(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

(Pregunta 1: continuación)

(d) La descompresión del resorte lleva 0,42 s. Determine la fuerza media que ejerce el resorte sobre el bloque. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(e) Se conecta el motor eléctrico a una fuente de diferencia de potencial de 120 V y se forma una corriente de 6,8 A. El motor invierte 1,5 s en comprimir el resorte.

Estime el rendimiento del motor. [2]

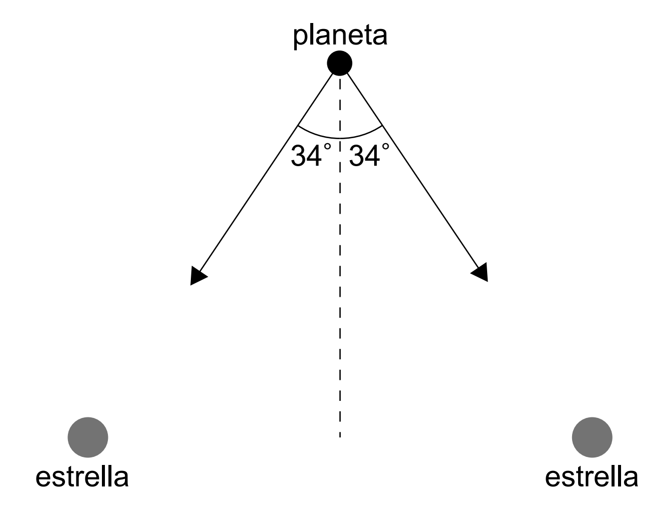
. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

2. La dos flechas del diagrama muestran los vectores de intensidad del campo gravitatorio en la posición de un planeta debidos a cada una de dos estrellas de igual masa M.



Cada estrella tiene una masa $M = 2{,}0 \times 10^{30}$ kg. El planeta está a una distancia de $6{,}0 \times 10^{11}$ m de cada estrella.

(a) Muestre que la intensidad del campo gravitatorio en la posición del planeta debido a **una** de las estrellas es $g = 3{,}7 \times 10^{-4}\,\text{N kg}^{-1}$. [1]

. . . .

. . . .

. . . .

(b) Calcule la magnitud (módulo) de la intensidad resultante del campo gravitatorio en la posición del planeta. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

3. En un experimento para determinar el calor latente específico de fusión del hielo, se deja caer un cubo de hielo en agua que está en un calorímetro bien aislado con calor específico despreciable. Se dispone de los siguientes datos.

Masa del cubo de hielo	$= 25\,g$
Masa del agua	$= 350\,g$
Temperatura inicial del cubo de hielo	$= 0\,^{\circ}C$
Temperatura inicial del agua	$= 18\,^{\circ}C$
Temperatura final del agua	$= 12\,^{\circ}C$
Calor específico del agua	$= 4200\,J\,kg^{-1}\,K^{-1}$

(a) Utilizando los datos, estime el calor latente específico de fusión del hielo. [4]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(b) Se repite el experimento utilizando la misma masa de hielo machacado.

Sugiera el efecto, si lo hay, que machacar el hielo tiene sobre

(i) la temperatura final del agua. [1]

. . . .

. . . .

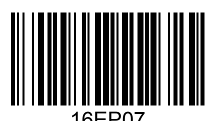
(ii) el tiempo que lleva al agua alcanzar su temperatura final. [1]

. . . .

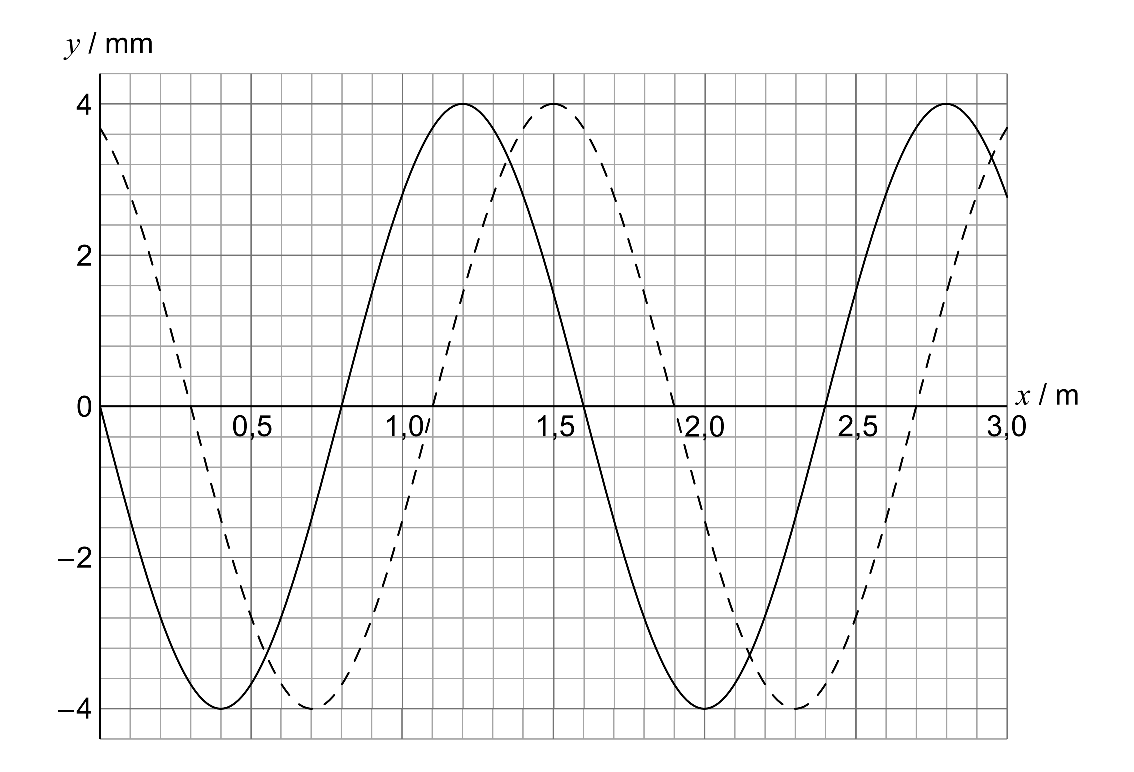
. . . .

No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



4. Una onda longitudinal se desplaza en un medio de izquierda a derecha. En la gráfica se muestra la variación frente a la distancia x del desplazamiento y de las partículas en el medio. La línea sólida y la línea a trazos muestran el desplazamiento en $t = 0$ y en $t = 0{,}882$ ms, respectivamente.



El período de la onda es mayor de 0,882 ms. Se toma positivo el desplazamiento hacia la derecha de la posición de equilibrio.

(a) Indique qué se entiende por onda progresiva longitudinal. [1]

. . . .

. . . .

(b) Calcule, para esta onda,

(i) la rapidez. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 4: continuación)

(ii) la frecuencia. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(c) La posición de equilibrio de una partícula en el medio se encuentra en $x = 0{,}80\,\text{m}$. Para esta partícula en $t = 0$, indique y explique

(i) la dirección y sentido del movimiento. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(ii) si la partícula se encuentra en el centro de una compresión o una rarefacción. [2]

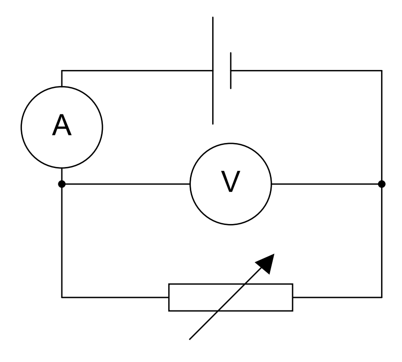
. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

5. En un experimento, un alumno construye el circuito mostrado en el diagrama. Se supone que el amperímetro y el voltímetro son ideales.

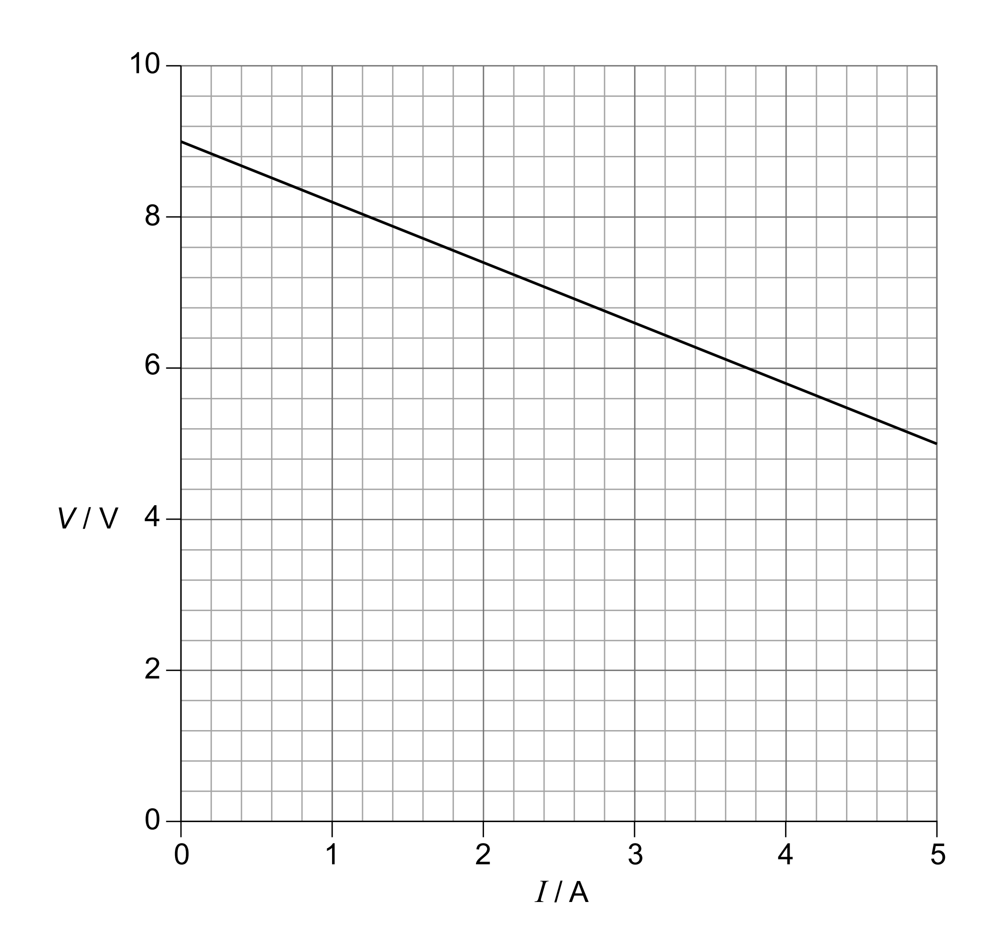


(a) Indique que se entiende por voltímetro ideal. [1]

. . . .

. . . .

(b) El alumno ajusta la resistencia variable y toma lecturas del amperímetro y del voltímetro. En la gráfica se muestra la variación de la lectura del voltímetro *V* frente a la del amperímetro I.



(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 5: continuación)

Utilice la gráfica para determinar

(i) la fuerza electromotriz (f.e.m.) de la celda. [1]

. . . .

. . . .

(ii) la resistencia interna de la celda. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(c) Un cable conector del circuito tiene un radio de 1,2 mm y la corriente en él es de 3,5 A. El número de electrones por unidad de volumen del cable es de $2{,}4 \times 10^{28}\,\text{m}^{-3}$. Muestre que la velocidad de desplazamiento de los electrones en el cable es de $2{,}0 \times 10^{-4}\,\text{m}\,\text{s}^{-1}$. [1]

. . . .

. . . .

. . . .

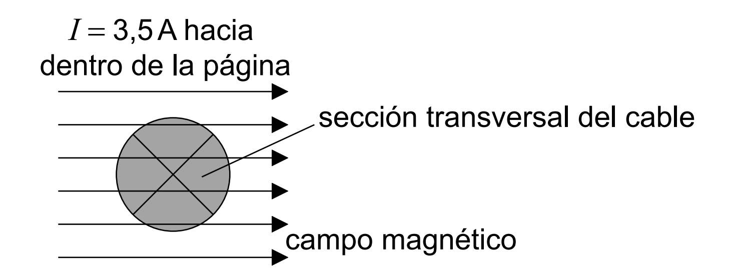
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Pregunta 5: continuación)

(d) El diagrama muestra una sección transversal del cable conector de (c).



Se coloca el cable, que lleva una corriente de 3,5 A dirigida hacia dentro de la página, en una región de campo magnético uniforme con densidad de flujo de 0,25 T. El campo está orientado formando ángulo recto con el cable.

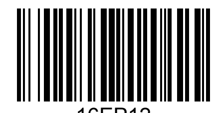
Determine la magnitud (módulo) **y** dirección y sentido de la fuerza magnética sobre uno de los portadores de carga del cable. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .



6. (a) Un núcleo de fósforo-32 $\left({}^{32}_{15}\text{P}\right)$ se desintegra por desintegración beta menos (β^{-}) en un núcleo de azufre-32 $\left({}^{32}_{16}\text{S}\right)$. La energía de enlace por nucleón del ${}^{32}_{15}\text{P}$ es de 8,398 MeV y para el ${}^{32}_{16}\text{S}$ es de 8,450 MeV.

Determine la energía liberada en esta desintegración. [2]

. . . .

. . . .

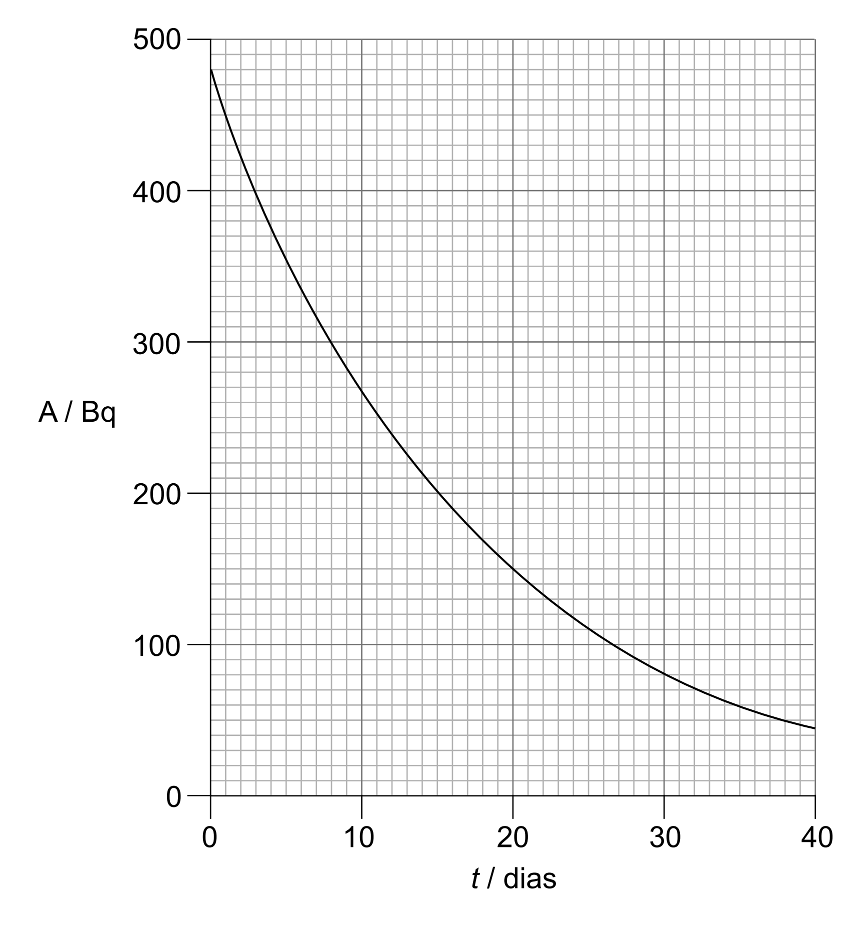
. . . .

. . . .

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

(Pregunta 6: continuación)

(b) En la gráfica se muestra la variación con el tiempo *t* de la actividad A de una muestra que contiene fósforo-32 $\left({}^{32}_{15}\mathrm{P}\right)$.



Determine la semivida del ${}^{32}_{15}\mathrm{P}$. [1]

. . . .

. . . .

(c) Los quarks fueron postulados como hipótesis mucho antes de que se verificara experimentalmente su existencia. Discuta las razones por las que los físicos desarrollaron una teoría que incorpora quarks. [3]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .



7. El Sol tiene un radio de $7,0 \times 10^{8}$ m y se encuentra a una distancia de $1,5 \times 10^{11}$ m de la Tierra. La temperatura superficial del Sol es de 5800 K.

(a) Muestre que la intensidad de la radiación solar que incide sobre la atmósfera superior de la Tierra es de aproximadamente 1400 W m^{-2}. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(b) El albedo de la atmósfera es de 0,30. Deduzca que la intensidad media sobre la superficie total de la Tierra es de 245 W m^{-2}. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(c) Estime la temperatura superficial media de la Tierra. [2]

. . . .

. . . .

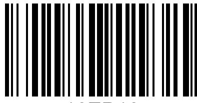
. . . .

. . . .



No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.





Markscheme

May 2016

Physics

Standard level

Paper 2

12 pages



Subject Details: Physics SL Paper 2 Markscheme

Mark Allocation

Candidates are required to answer ALL questions. Maximum total = [50 marks].

1. Each row in the "Question" column relates to the smallest subpart of the question.

2. The maximum mark for each question subpart is indicated in the "Total" column.

3. Each marking point in the "Answers" column is shown by means of a tick (✓) at the end of the marking point.

4. A question subpart may have more marking points than the total allows. This will be indicated by "**max**" written after the mark in the "Total" column. The related rubric, if necessary, will be outlined in the "Notes" column.

5. An alternative wording is indicated in the "Answers" column by a slash (/). Either wording can be accepted.

6. An alternative answer is indicated in the "Answers" column by "***OR***" between the alternatives. Either answer can be accepted.

7. Words in angled brackets « » in the "Answers" column are not necessary to gain the mark.

8. Words that are underlined are essential for the mark.

9. The order of marking points does not have to be as in the "Answers" column, unless stated otherwise in the "Notes" column.

Question			Answers	Notes	Total
1	a	i	«E_{el} =» $\frac{1}{2}mv^2 + mgh$ ***OR*** «E_{el} =» $E_P + E_K$ ✓ «E_{el} =» $\frac{1}{2}\times 55\times 0.90^2 + 55\times 9.8\times 1.2$ ***OR*** 669 J ✓ «$E_{el} = 669 \approx 670$ J»	*Award **[1 max]** for use of $g = 10$ N kg $^{-1}$, gives 682 J.*	**2**
	a	ii	$\frac{1}{2}\times 55\times v^2 = 670$ J ✓ $v =$ «$\sqrt{\frac{2\times 670}{55}} =$» 4.9 m s^{-1} ✓	*If 682 J used, answer is 5.0 m s^{-1}.*	**2**
	b	i	no force/friction on the block, hence constant motion/velocity/speed ✓		**1**
	b	ii	force acts on block ***OR*** gravity/component of weight pulls down slope ✓ velocity/speed decreases ***OR*** it is slowing down ***OR*** it decelerates ✓	*Do not allow a bald statement of "N2" or "$F = ma$" for MP1.* *Treat references to energy as neutral.*	**2**

Questions			Answers	Notes	Total
1	c		straight line through origin for at least one-third of the total length of time axis **covered by candidate line** ✓ followed by curve with decreasing positive gradient ✓ displacement / 0 / 0 / time	*Ignore any attempt to include motion before A.* *Gradient of curve must always be less than that of straight line.*	**2**
	d		F «$= \frac{\Delta p}{\Delta t}$» $= \frac{55 \times 4.9}{0.42}$ ✓ $F = 642 \approx 640$ N ✓	*Allow ECF from (a)(ii).*	**2**
	e		«energy supplied by motor =» $120 \times 6.8 \times 1.5$ ***or*** 1224 J ***OR*** «power supplied by motor =» 120×6.8 ***or*** 816 W ✓ e = 0.55 ***or*** 0.547 ***or*** 55 % ***or*** 54.7 % ✓	*Allow ECF from earlier results.*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
2	a		$g=\frac{GM}{r^2}=\frac{6.67\times10^{-11}\times2.0\times10^{30}}{\left(6.0\times10^{11}\right)^2}$ ***OR*** $3.71\times10^{-4}\,\text{Nkg}^{-1}$ ✓		**1**
	b		«g_{net} = 2cos34» 2g ***OR*** $g$cos34 ***OR*** $g$sin56 ***OR*** vector addition diagram shown ✓ g_{net} = «$2\times3.7\times10^{-4}\times\cos34^\circ$ =» 6.1×10^{-4} Nkg^{-1} ✓		**2**

Question			Answers	Notes	Total
3	a		use of $m \times c \times \theta$ with correct substitution for either original water ***or*** water from melted ice ✓ energy available to melt ice = «8820 – 1260 =» 7560 J ✓ equates 7560 to mL ✓ 3.02×10^5 J kg^{-1} ✓ ***FOR EXAMPLE*** $0.35 \times 4200 \times (18 - 12)$ ***OR*** $0.025 \times 4200 \times 12$ ✓ 7560 J ✓ $L = \frac{7560}{0.025}$ ✓ 3.02×10^5 J kg^{-1} ✓	*Award **[3 max]** if energy to warm melted ice as water is ignored (350 kJ kg^{-1}).* *Allow ECF in MP3.*	4
	b	i	no change in temperature/no effect, the energies exchanged are the same ✓		1
	b	ii	the time will be less/ice melts faster, because surface area is greater ***or*** crushed ice has more contact with water ✓		1

Question			Answers	Notes	Total
4	a		a wave where the displacement of particles/oscillations of particles/movement of particles/vibrations of particles is parallel to the direction of energy transfer/wave travel/wave movement ✓	*Do not allow "direction of wave".*	**1**
	b	i	***ALTERNATIVE 1*** «distance travelled by wave =» 0.30 m ✓ $v =$ «$\frac{\text{distance}}{\text{time}}$ =» $340\ \text{m s}^{-1}$ ✓ ***ALTERNATIVE 2*** evaluates $T = \frac{0.882\times10^{-3}\times1.6}{0.3}$ «$=4.7\ \text{ms}$» to give $f = 210$ ***or*** 212 Hz ✓ uses $\lambda = 1.6$ m with $v = f\lambda$ to give $340\ \text{m s}^{-1}$ ✓		**2**

Question			Answers	Notes	Total
4	b	ii	***ALTERNATIVE 1*** $\lambda = 1.60\,\text{m}$ ✓ $f = \frac{340}{1.60} = 212$ ***or*** $213\,\text{Hz}$ ✓ ***ALTERNATIVE 2*** $T = \frac{0.882 \times 10^{-3} \times 1.6}{0.3}$ «$= 4.7\,\text{ms}$» ✓ $F =$ «$\frac{1}{T} =$» $210\,\text{Hz}$ ✓		**2**
	c	i	the displacement of the particle decreases ***OR*** «on the graph» displacement is going in a negative direction ***OR*** on the graph the particle goes down ✓ to the left ✓	*Do not allow “moving downwards” unless accompanied by reference to graph.*	**2**
	c	ii	molecules to the left of the particle have moved left and those to the right have moved right ✓ «hence» the particle is at the centre of a rarefaction ✓		**2**

Question			Answers	Notes	Total
5	a		infinite resistance ***OR*** draws no current from circuit/component ***OR*** has no effect on the circuit ✓	*Do not allow "very high resistance".*	**1**
	b	i	«vertical intercept = emf» $= 8.8 - 9.2\ \text{V}$ ✓		**1**
	b	ii	attempt to evaluate gradient of graph ✓ $= 0.80\,\Omega$ ✓	*Accept other methods leading to correct answer, eg using individual data points from graph.* *Allow a range of 0.78 – 0.82 Ω.* *If $\varepsilon = I(R+r)$ is used then the origin of the value for R must be clear.*	**2**
	c		$3.5 = 2.4\times10^{28}\times\pi\left(1.2\times10^{-3}\right)^2\times1.6\times10^{-19}\times v$ «$\Rightarrow v = 2.0\times10^{-4}\ \text{m s}^{-1}$» ✓		**1**
	d		$F =$ «$qvB = 1.6\times10^{-19}\times2.0\times10^{-4}\times0.25 =$» $8.1\times10^{-24}\ \text{N}$ ✓ directed down ***OR*** south ✓		**2**

Question			Answers	Notes	Total
6	a		«energy/mass difference =» 8.450 – 8.398 «= 0.052 MeV» ✓ Q = 1.7 ***or*** 1.66 ***or*** 1.664 MeV ***OR*** 2.66×10^{-13} J ✓		**2**
	b		11 – 12 days ✓		**1**
	c		quark theory is simpler ***OR*** Occam's razor example ***OR*** simple model explains complex observations ✓ quotes experiment that led to quark theory, eg deep inelastic scattering ***or*** electron scattering ✓ model incorporates strong/weak interactions/forces between protons and neutrons ✓ model incorporates conservation rules ✓ model explains differences between neutrons and protons ***OR*** explains decay of neutron to proton ✓		**3 max**

Question			Answers	Notes	Total
7	a		$I = \frac{\sigma A T^4}{4\pi d^2}$ ✓ $= \frac{5.67\times10^{-8}\times(7.0\times10^8)^2\times5800^4}{(1.5\times10^{11})^2}$ ***OR*** $\frac{5.67\times10^{-8}\times4\pi\times(7.0\times10^8)^2\times5800^4}{4\pi\times(1.5\times10^{11})^2}$ ✓ $I = 1397\text{ W m}^{-2}$ ✓	*In this question we must see 4SF to award MP3.* *Allow candidate to add radius of Sun to Earth–Sun distance. Yields 1386 W m^{-2}.*	**2 max**
	b		«transmitted intensity =» 0.70 × 1400 «= 980 W m^{-2}» ✓ $\frac{\pi R^2}{4\pi R^2}\times980\text{ W m}^{-2}$ ✓ 245W m^{-2}		**2**
	c		$5.67\times10^{-8}\times T^4 = 245$ ✓ $T = 256\text{K}$ ✓		**2**



Física
Nivel medio
Prueba 3

Lunes 9 de mayo de 2016 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

1 hora

Instrucciones para los alumnos

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Sección A: conteste todas las preguntas.
- Sección B: conteste todas las preguntas de una de las opciones.
- Escriba sus respuestas en las casillas provistas.
- En esta prueba es necesario usar una calculadora.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de física** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[35 puntos]**.

Opción	Preguntas
Opción A — Relatividad	3 – 6
Opción B — Física en ingeniería	7 – 8
Opción C — Toma de imágenes	9 – 11
Opción D — Astrofísica	12 – 14

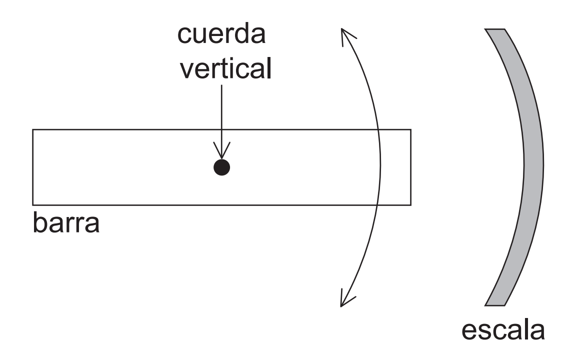
2216 – 6530

22 páginas

Sección A

Conteste **todas** las preguntas. Escriba sus respuestas en las casillas provistas.

1. Un alumno investiga la oscilación de una barra horizontal que cuelga del extremo de una cuerda vertical. El diagrama muestra la vista desde arriba.



El alumno pone la barra a oscilar y mide el máximo desplazamiento para cada ciclo de la oscilación sobre la escala y el tiempo para el cual se produce. El alumno comienza a tomar mediciones unos pocos segundos después de soltar la barra.

La gráfica muestra la variación del desplazamiento x frente al tiempo t desde que se suelta la barra. La incertidumbre de t es despreciable.

x / cm

18,0 16,0 14,0 12,0 10,0 8,0 6,0 4,0 2,0 0,0

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45

t / s

(a) Sobre la gráfica anterior, dibuje la línea de ajuste óptimo para los datos. [1]

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

(b) Calcule la incertidumbre en porcentaje para el desplazamiento cuando $t = 40\,\text{s}$. [2]

. . . .

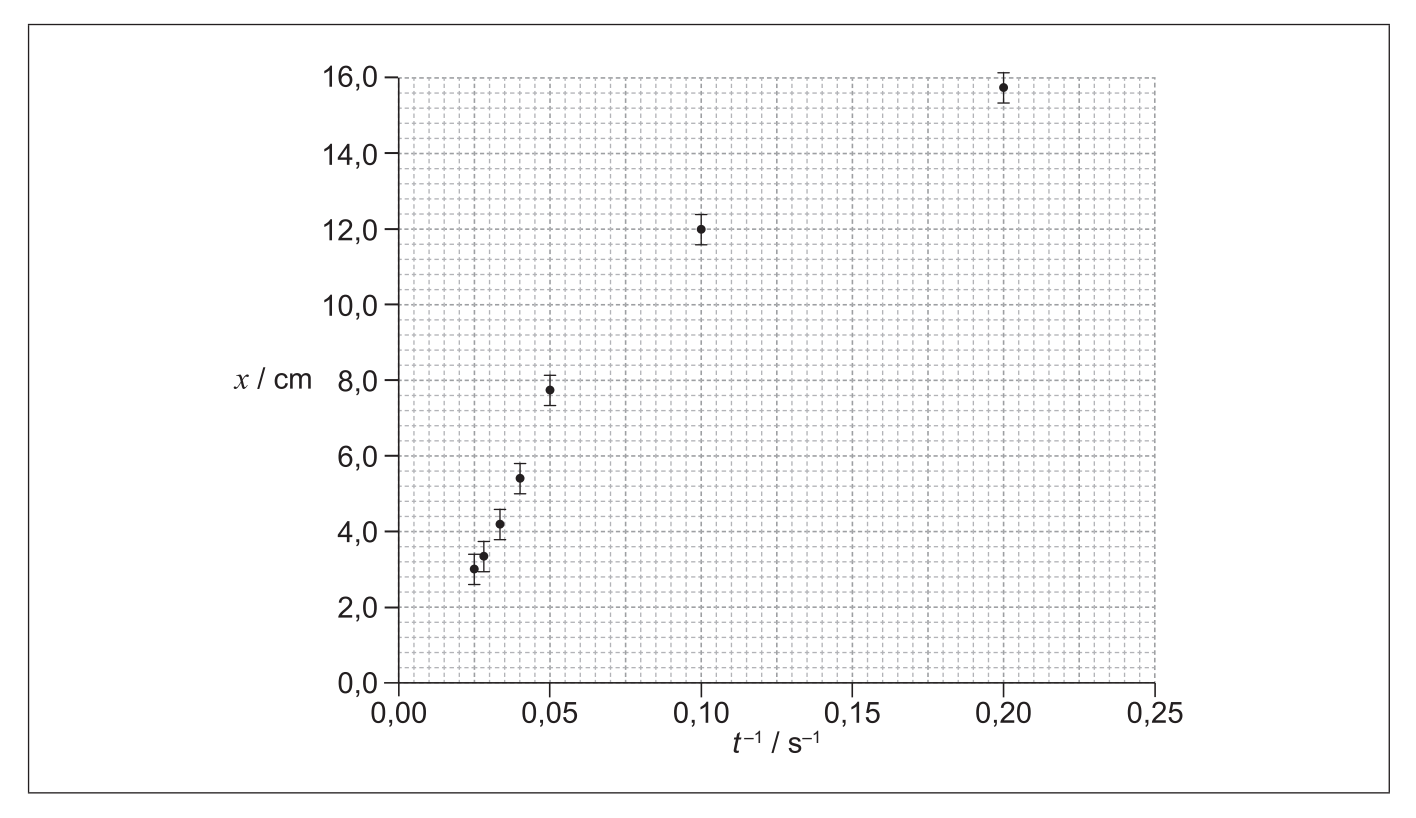
. . . .

. . . .

. . . .

(c) El alumno propone como hipótesis que la relación entre x y t es $x = \frac{a}{t}$ donde a es una constante.

Para comprobar la hipótesis, se representa x frente a $\frac{1}{t}$ como se muestra en la gráfica.



(i) No se ha representado el dato correspondiente a $t = 15\,\text{s}$. Sitúe este punto sobre la gráfica anterior. [1]

(ii) Sugiera el rango de valores de t para el que puede asumirse que la hipótesis es correcta. [2]

. . . .

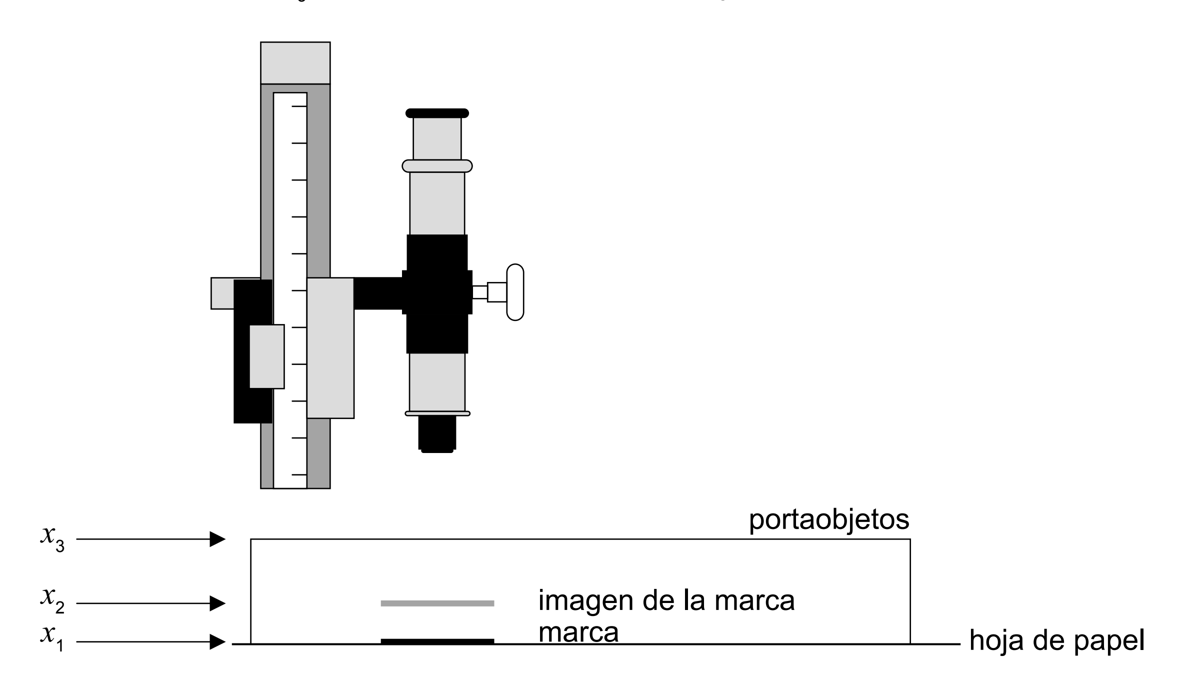
. . . .

. . . .



2. Un alumno mide el índice de refracción del cristal de un portaobjetos de microscopio.

Utiliza un microscopio móvil para determinar la posición x_1 de una marca sobre una hoja de papel. A continuación, coloca el portaobjetos sobre la marca y anota la posición x_2 de la imagen de la marca vista a través del portaobjetos. Por último, utiliza el microscopio para determinar la posición x_3 de la parte superior del portaobjetos.



La tabla muestra los resultados medios de un gran número de mediciones repetidas.

	Posición media de la marca / mm
x_1	0,20 ±0,02
x_2	0,59 ±0,02
x_3	1,35 ±0,02

(a) El índice de refracción del cristal del que está hecho el portaobjetos viene dado por

$$\frac{x_3 - x_1}{x_3 - x_2}.$$

Determine

(i) el índice de refracción del cristal hasta el número correcto de cifras significativas, sin tener en cuenta incertidumbres. [1]

. . . .

. . . .

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

(ii) la incertidumbre del valor calculado en (a)(i). [3]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

(b) Tras el experimento, el alumno halla que el microscopio móvil está mal ajustado, de tal modo que la medición de cada posición es excesiva en 0,05 mm.

(i) Indique el nombre de este tipo de error. [1]

. . . .

(ii) Resuma el efecto que tendrá el error de (b)(i) sobre el valor calculado del índice de refracción del cristal. [2]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Pregunta 2: continuación)

(c) Tras corregir el ajuste del microscopio móvil, el alumno repite el experimento utilizando un bloque de cristal 10 veces más grueso que el portaobjetos de microscopio original. Explique la variación, si la hubiera, en el resultado calculado para el índice de refracción y su incertidumbre. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .



Sección B

Conteste **todas** las preguntas de **una** de las opciones. Escriba sus respuestas en las casillas provistas.

Opción A — Relatividad

3. Uno de los postulados de la relatividad especial indica que las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas inerciales de referencia.

(a) Indique qué se entiende por inercial en este contexto. [1]

. . . .

. . . .

(b) Un observador se desplaza a la velocidad *v* hacia una fuente de luz. Determine el valor que mediría el observador para la velocidad de la luz emitida por la fuente según

(i) la teoría de Maxwell. [1]

. . . .

. . . .

(ii) la transformación galileana. [1]

. . . .

. . . .

(La opción A continúa en la página siguiente)

(Opción A: continuación)

4. Dos protones se mueven con igual velocidad en un acelerador de partículas.

protones

El observador X se encuentra en reposo con respecto al acelerador. El observador Y se encuentra en reposo respecto a los protones.

Explique la naturaleza de la fuerza entre los protones tal como la observan el observador X **y** el observador Y. [4]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

5. Se emite un electrón desde un núcleo con una rapidez de 0,975*c* tal como se observa en un laboratorio. Se detecta el electrón a una distancia de 0,800 m del núcleo emisor tal como se mide en el laboratorio.

(a) Para el sistema de referencia del electrón, calcule la distancia recorrida por el detector. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(b) Para el sistema de referencia del laboratorio, calcule el tiempo que lleva al electrón alcanzar el detector tras ser emitido desde el núcleo. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(c) Para el sistema de referencia del electrón, calcule el tiempo entre su emisión del núcleo y su detección. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(d) Resuma por qué la respuesta a (c) representa un intervalo de tiempo propio. [1]

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción A continúa en la página siguiente)

(Opción A: continuación)

6. Un observador sobre la Tierra observa un cohete A. El diagrama de espacio-tiempo muestra parte del movimiento de A en el sistema de referencia del observador en la Tierra. Se utilizan tres faros con destellos de luz, X, Y y Z, para dirigir al cohete A. En el diagrama de espacio-tiempo se muestran los sucesos de destello. El diagrama muestra los ejes para el sistema de referencia de la Tierra y del cohete A. El observador en la Tierra se encuentra en el origen.

ct / km

3

2

ct'

Z

Y

1

x'

X

0

x / km

0

1

2

3

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 6)

(a) Para el sistema de referencia del observador en la Tierra, calcule la velocidad del cohete A en función de la velocidad de la luz *c*. [2]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

(b) Usando la gráfica de enfrente, deduzca el orden en el cual

(i) los faros **destellan** en el sistema de referencia del cohete A. [2]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

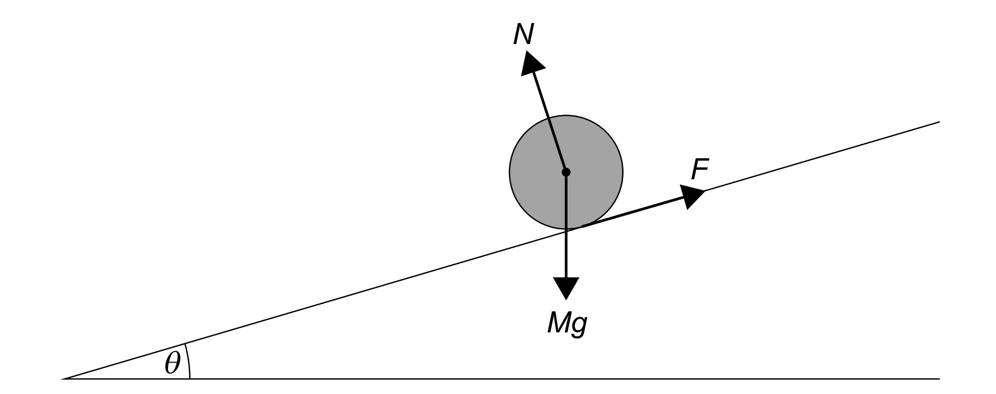
(ii) el observador en la Tierra **ve** los faros destellar. [2]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

Fin de la opción A

Opción B — Física en ingeniería

7. Un cilindro sólido de masa M y radio R cae rodando sin resbalar por una pendiente uniforme. La pendiente forma un ángulo θ con la horizontal.



El diagrama muestra las tres fuerzas que actúan sobre el cilindro. N es la fuerza de reacción normal y F es la fuerza de rozamiento entre el cilindro y la pendiente.

(a) Indique por qué F es la única fuerza que proporciona un momento de fuerza respecto al eje del cilindro. [1]

. . . .

. . . .

(b) (i) El momento de inercia de un cilindro en torno a su eje es $I = \frac{1}{2}MR^2$.
Muestre que, por aplicación de las leyes del movimiento de Newton, la aceleración lineal del cilindro es $a = \frac{2}{3}g\,\text{sen}\,\theta$. [4]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 7)

(ii) Calcule, para $\theta = 30^{\circ}$, el tiempo que lleva al cilindro sólido desplazarse 1,5 m a lo largo de la pendiente. El cilindro parte del reposo. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(c) Se coloca un bloque de hielo sobre la pendiente junto al cilindro sólido y se sueltan ambos al mismo tiempo. El bloque de hielo tiene la misma masa que el cilindro sólido y se desliza sin rozamiento.

En cualquier punto de la pendiente, la rapidez del bloque de hielo es mayor que la rapidez del cilindro sólido. Resuma por qué, utilizando la respuesta a (b)(i). [1]

. . . .

. . . .

. . . .

(d) Se reemplaza el cilindro sólido por un cilindro hueco de igual masa y radio. Sugiera cómo afectará este cambio, si es que lo hace, a la aceleración de (b)(i). [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción B continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Opción B: continuación)

8. Una masa fija de un gas ideal monoatómico sufre un cambio isotérmico de A a B como se muestra.

La temperatura en A es de 350 K. Una masa idéntica del mismo gas ideal monoatómico sufre un cambio isobárico de A a C.

(a) (i) Calcule la temperatura en C. [1]

. . . .

. . . .

(ii) Calcule la variación en energía interna para AC. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 8)

(iii) Determine la energía suministrada al gas durante el cambio AC. [2]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

(iv) Sobre la gráfica, dibuje una línea que represente una expansión adiabática de A a un estado de volumen $4,0 \times 10^{-3}\,m^3$ (punto D). [1]

(b) (i) Indique la variación en entropía de un gas para la expansión adiabática de A a D. [1]

. . . .
. . . .

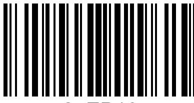
(ii) Explique, haciendo referencia al concepto de desorden, por qué la entropía del gas es mayor en C que en B. [3]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

Fin de la opción B

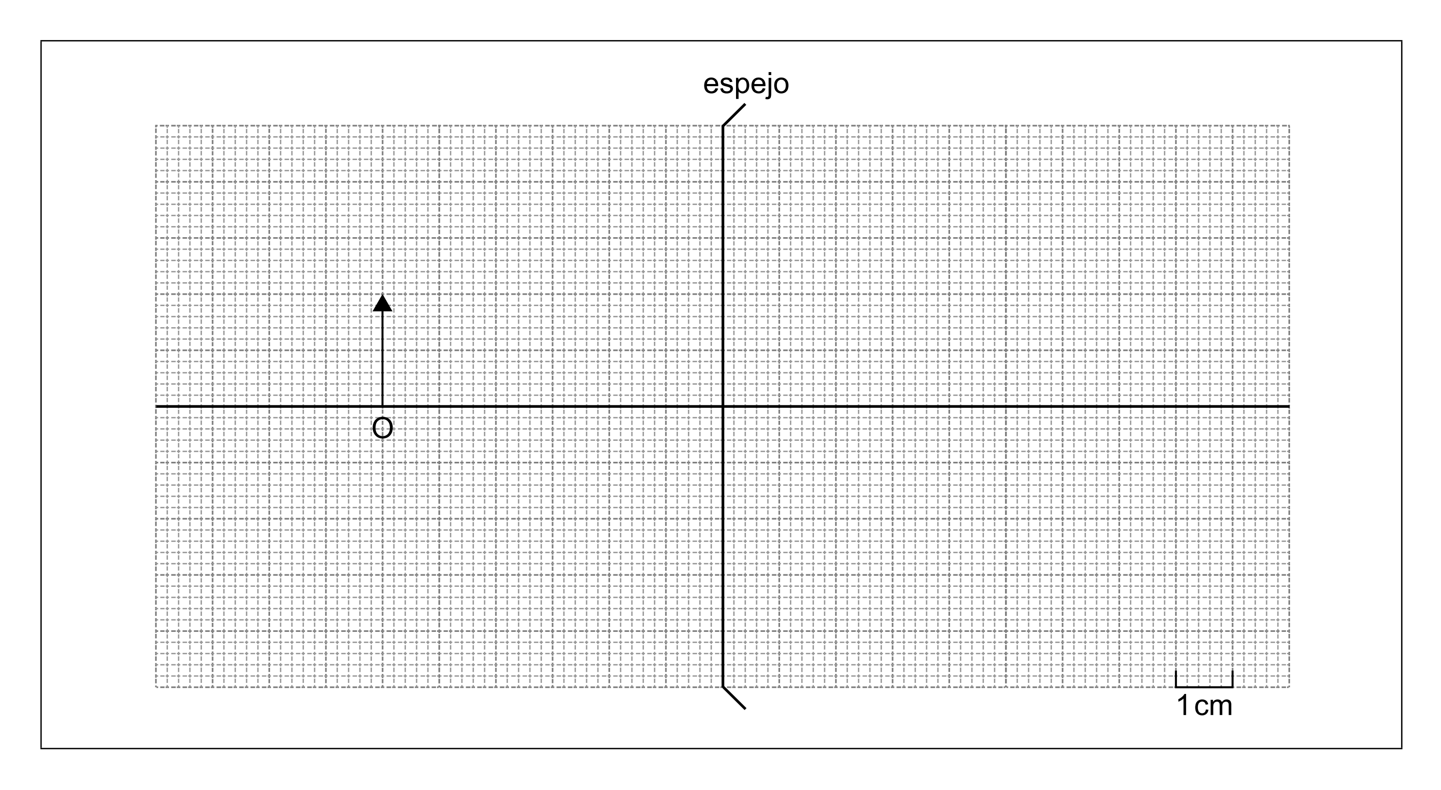
No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



Opción C — Toma de imágenes

9. El diagrama muestra un espejo divergente.



El objeto O tiene una altura de 2,0 cm y está a 6,0 cm de la superficie del espejo. La longitud focal del espejo es de 4,0 cm y el radio de curvatura es de 8,0 cm.

(a) Elabore un diagrama de rayos para el objeto O. Rotule la imagen como I. [3]

(b) Estime el aumento lineal de la imagen. [1]

. . . .

. . . .

(c) Resuma la ventaja de los espejos parabólicos sobre los esféricos. [3]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción C continúa en la página siguiente)

(Opción C: continuación)

10. Se utiliza un telescopio astronómico en ajuste normal. La separación de las lentes en el telescopio es de 0,84 m. La lente objetivo tiene una longitud focal de 0,82 m.

(a) Calcule el aumento de este telescopio. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(b) Resuma por qué se necesita una convención de signos en la óptica. [1]

. . . .

. . . .

(c) Una alumna decide invertir las posiciones de las mismas lentes sin cambiar la separación para formar un microscopio óptico en ajuste normal. El punto cercano de la alumna está a 0,25 m de su ojo.

(i) Muestre, usando un cálculo, que la imagen formada por la lente objetivo está a unos 0,19 m del ocular. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(ii) Calcule la distancia entre el lente objetivo del microscopio y el objeto. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción C continúa en la página siguiente)

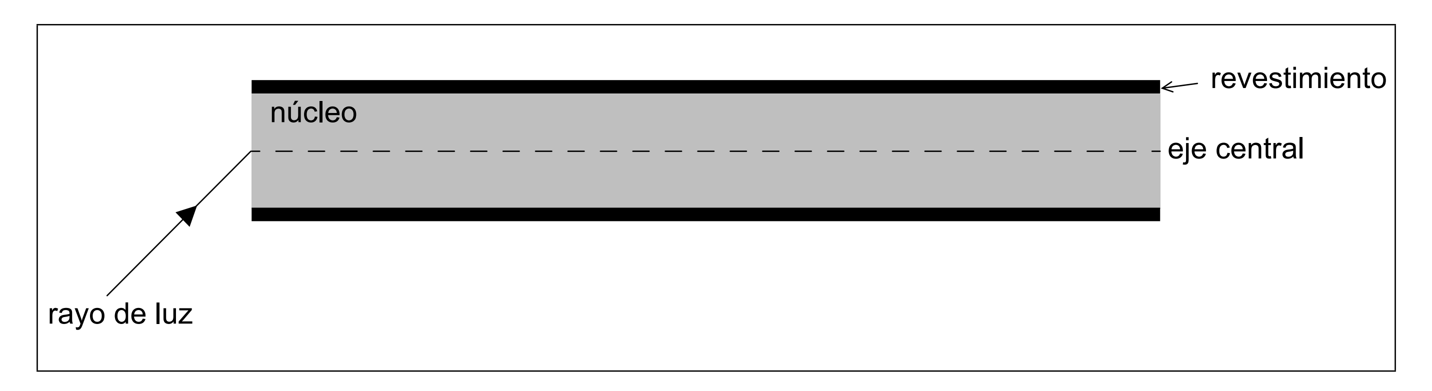


(Continuación: opción C, pregunta 10)

(iii) Determine el aumento total del microscopio. [2]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

11. Un rayo de luz monocromática penetra en una fibra óptica de índice gradual.



(a) Dibuje la trayectoria del rayo al desplazarse a través de la fibra óptica de índice gradual. [1]

(b) Explique cómo la fibra óptica de índice gradual reduce la dispersión por guiado de onda. [3]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

Fin de la opción C

Opción D — Astrofísica

12. (a) Describa **una** característica clave de una nebulosa. [1]

. . . .

. . . .

(b) Beta Centauri es una estrella de los cielos australes con un ángulo de paralaje de $8,32 \times 10^{-3}$ arco-segundos. Calcule, en metros, la distancia de esta estrella a la Tierra. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(c) Resuma por qué los astrofísicos usan unidades que no son del SI para la medición de las distancias astronómicas. [1]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

13. Aldebarán es una estrella gigante roja con una longitud de onda pico de 740 nm y una masa de 1,7 masas solares.

(a) Muestre que la temperatura superficial de Aldebarán es de alrededor de 4000 K. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 13)

(b) El radio de Aldebarán es de $3{,}1 \times 10^{10}$ m. Determine la luminosidad de Aldebarán. [2]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

(c) Resuma cómo la luz de Aldebarán proporciona evidencia sobre su composición. [2]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

(d) Identifique el elemento que se está fusionando en el núcleo de Aldebarán en esta etapa de su evolución. [1]

. . . .

(e) Prediga la evolución futura probable de Aldebarán. [3]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

(La opción D continúa en la página siguiente)

(Opción D: continuación)

14. (a) La luz que alcanza la Tierra desde el cuásar 3C273 tiene $z = 0{,}16$.

(i) Resuma qué se representa por z. [1]

. . . .

. . . .

(ii) Calcule el cociente entre el tamaño del universo cuando la luz fue emitida por el cuásar y el tamaño actual del universo. [1]

. . . .

. . . .

(iii) Calcule la distancia de 3C273 a la Tierra utilizando $H_o = 68\,\text{km}\,\text{s}^{-1}\,\text{Mpc}^{-1}$. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(b) Explique cómo la radiación cósmica de fondo de microondas (CMB) da respaldo al modelo del Big Bang caliente. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

Fin de la opción D

No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.





Markscheme

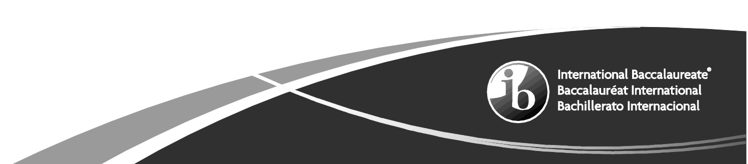
May 2016

Physics

Standard level

Paper 3

19 pages



Subject Details: Physics SL Paper 3 Markscheme

Mark Allocation

Candidates are required to answer ALL questions in Section A [15 marks] and all questions from ONE option in Section B [20 marks]. Maximum total = [35 marks].

1. Each row in the "Question" column relates to the smallest subpart of the question.

2. The maximum mark for each question subpart is indicated in the "Total" column.

3. Each marking point in the "Answers" column is shown by means of a tick (✓) at the end of the marking point.

4. A question subpart may have more marking points than the total allows. This will be indicated by "**max**" written after the mark in the "Total" column. The related rubric, if necessary, will be outlined in the "Notes" column.

5. An alternative wording is indicated in the "Answers" column by a slash (***/***). Either wording can be accepted.

6. An alternative answer is indicated in the "Answers" column by "***OR***" between the alternatives. Either answer can be accepted.

7. Words in angled brackets **« »** in the "Answers" column are not necessary to gain the mark.

8. Words that are <u>underlined</u> are essential for the mark.

9. The order of marking points does not have to be as in the "Answers" column, unless stated otherwise in the "Notes" column.

Section A

Question			Answers	Notes	Total
1	a		smooth curve passing through all error bars ✓ x / cm; t / s; 0.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 14.0, 16.0, 18.0; 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45		1
	b		$x = 2.5\text{ cm} \pm 0.2\text{ cm}$ ***AND*** $\Delta x = 0.5\text{ cm} \pm 0.1\text{ cm}$ ✓ «$\frac{0.5}{2.5} =$» 20% ✓	*Accept correctly calculated value from interval 15 % to 25 %.*	2

Question			Answer	Notes	Total
1	c	i	plotted point (0.07, 9.0) as shown ✓ [Graph: x / cm (0.0–16.0) against t^{-1} / s^{-1} (0.00–0.25)]	*Allow any point within the grey square. The error bar is not required.*	1

Question			Answer	Notes	Total
1	c	ii	***ALTERNATIVE 1*** t^{-1} from 0.025 s^{-1} to 0.04 s^{-1} ✓ giving t from 25 to 40 ✓ ***ALTERNATIVE 2*** the data do not support the hypothesis ✓ any relevant support for the suggestion, *eg* straight line cannot be fitted through the error bars and the origin ✓	*Do not allow ECF from MP1 to MP2.*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
2	a	i	refractive index = 1.5 ✓	*Both correct value and 2SF required for* ***[1]****.*	1
	a	ii	fractional uncertainty $x_3 - x_1 = \frac{0.04}{1.15} = 0.035$ ***AND*** $x_3 - x_2 = \frac{0.04}{0.76} = 0.053$ ✓ sum of fractional uncertainty $= 0.088$ ✓ «uncertainty $=$ their RI $\times$ 0.088» $=$ 0.1 ✓	*Accept correct calculation using maximum and minimum values giving the same answer.*	3
	b	i	systematic error ✓	*Accept "zero error/offset".*	1
	b	ii	calculated refractive index is unchanged ✓ because both numerator and denominator are unchanged ✓	*Accept calculation of refractive index with 0.05 subtracted to each x value.*	2
	c		numerator and denominator will be 10 times larger so refractive index is unchanged ✓ relative/absolute uncertainty will be smaller ✓	*"Constant material" is not enough for MP1.*	2

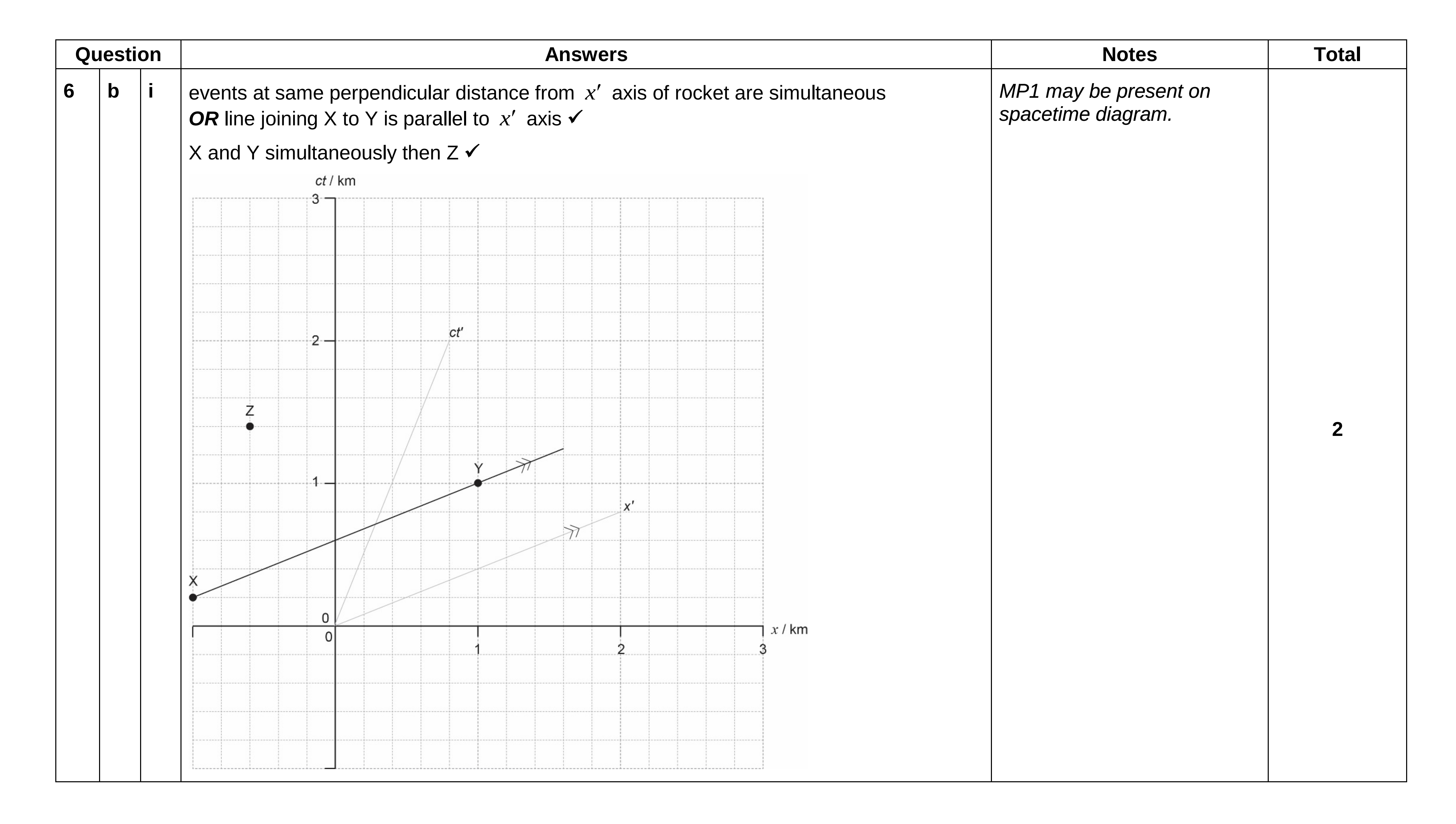
Section B

Option A — Relativity					
Question			**Answers**	**Notes**	**Total**
3	**a**		not being accelerated ***OR*** not subject to an unbalanced force ***OR*** where Newton’s laws apply ✓		**1**
	b	**i**	c ✓		**1**
	b	**ii**	$c+v$ ✓		**1**

4			Y measures electrostatic <u>repulsion</u> only ✓ protons are moving relative to X **«**but not Y**»** ***OR*** protons are stationary relative to Y ✓ moving protons create magnetic fields around them according to X ✓ X also measures an <u>attractive</u> magnetic force ***OR*** relativistic/Lorentz effects also present ✓		**4**

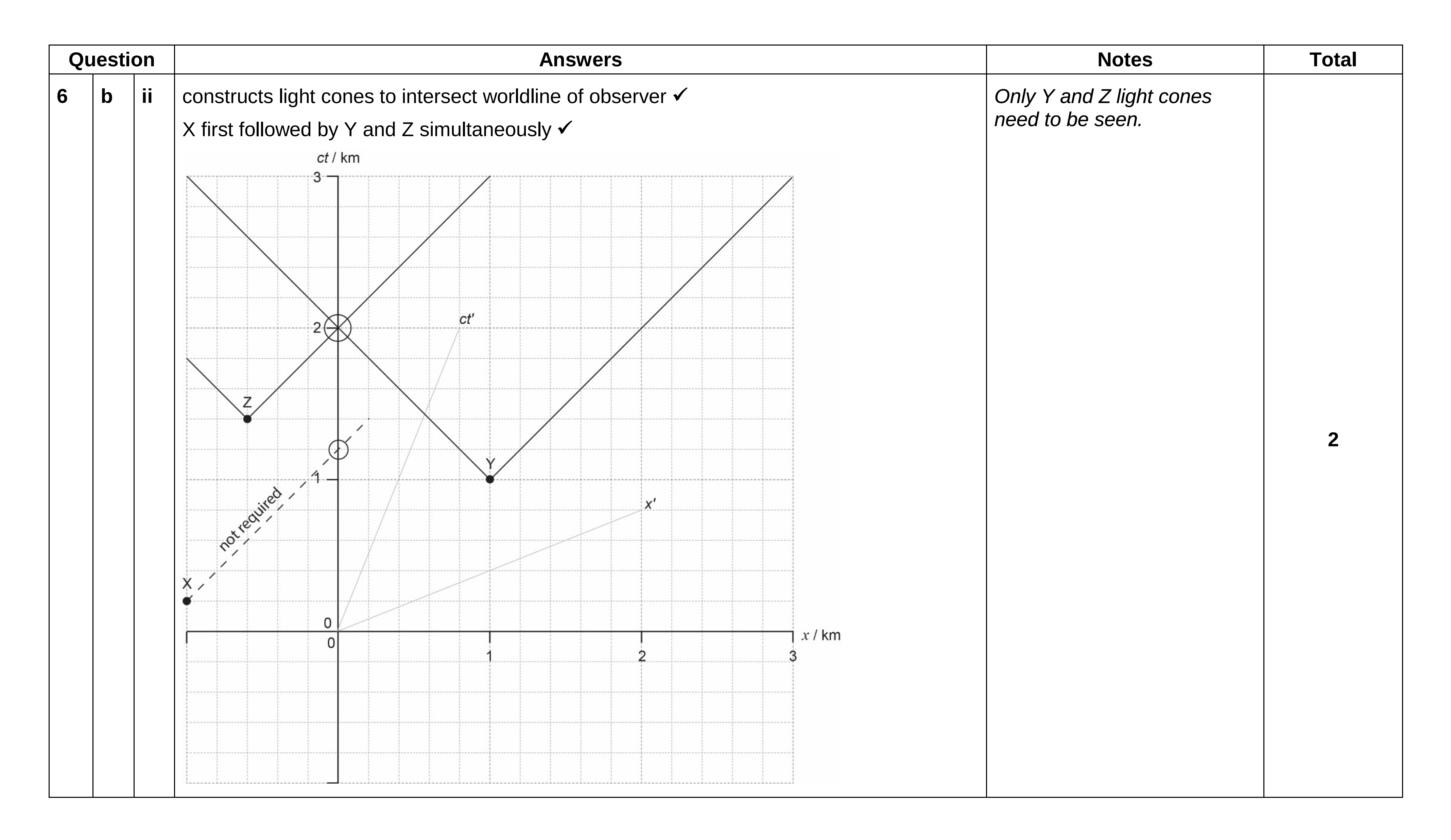
Question			Answers	Notes	Total
5	a		$\gamma = 4.503$ ✓ «$\frac{0.800}{4.50} =$» 0.178 m ✓		2
	b		time $= \frac{0.800}{2.94 \times 10^8}$ ✓ 2.74 ns ✓		2
	c		$\frac{2.74}{4.5}$ ***OR*** $\frac{0.178}{2.94 \times 10^8}$ ✓ 0.608 ns ✓		2
	d		it is measured in the frame of reference in which both events occur at the same position ***OR*** it is the shortest time interval possible ✓		1

6	a		$\Delta ct = 2.0$ km ***AND*** $\Delta x = 0.8$ km ✓ $v =$ «$\frac{\Delta x}{\Delta ct} = \frac{0.8}{2.0} =$» $0.4c$ ✓	*Allow any correct read-off from graph.* *Accept answers from 0.37c to 0.43c.*	2



Question			Answers	Notes	Total
6	b	i	events at same perpendicular distance from x' axis of rocket are simultaneous ***OR*** line joining X to Y is parallel to x' axis ✓ X and Y simultaneously then Z ✓	*MP1 may be present on spacetime diagram.*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
6	**b**	**ii**	constructs light cones to intersect worldline of observer ✓ X first followed by Y and Z simultaneously ✓	*Only Y and Z light cones need to be seen.*	**2**



Option B — Engineering physics

Question			Answers	Notes	Total
7	**a**		because *Mg* and *N* act through the axis ***OR*** only *F* has a non-zero lever arm «about the axis» ✓		**1**
	b	**i**	***ALTERNATIVE 1*** use of Newton's law for linear motion: $Mg\sin\theta - F = Ma$ ✓ use of Newton's law for rotational motion: $FR = I\alpha$ ✓ combining $Mg\sin\theta = Ma + \frac{I\alpha}{R}$ ✓ substitution of $I = \frac{1}{2}MR^2$ and $\alpha = \frac{a}{R}$ ✓ to get result ***ALTERNATIVE 2*** $Mgh = \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{4}Mv^2$ «from $\frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}MR^2\right)\frac{v^2}{R^2}$» ✓ $v^2 = \frac{4}{3}gh$ ✓ $v^2 = 2as = 2a\frac{h}{\sin\theta}$ ✓ manipulation to produce given answer ✓	*Accept correct use of torques about point of contact.*	**4**

Question			Answers	Notes	Total
7	b	ii	rearranging $s = \frac{1}{2}at^2$ to get $t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$ ✓ substitution to get $t =$ «$\sqrt{\frac{2 \times 1.5}{\frac{2}{3} \times 9.81 \times \frac{1}{2}}}$» $= 0.96$ s ✓		**2**
	c		acceleration of ice is $g \sin\theta$ whereas for the solid cylinder acceleration is two thirds of this «so speed of ice must always be greater at same point» ✓	*Allow answers in terms of energies, eg ice does not use energy to rotate and therefore will have a greater translational speed.*	**1**
	d		the hollow cylinder has a greater moment of inertia ✓ and hence a smaller acceleration ✓		**2**

Question			Answers	Notes	Total
8	**a**	**i**	1400 «K» ✓		**1**
	a	**ii**	$\frac{3}{2}P\Delta V = \frac{3}{2}\times 4\times 10^5 \times 3\times 10^{-3}$ ✓ 1800 J ✓		**2**
	a	**iii**	$1800 + P\Delta V = 1800 + 4\times 10^5 \times 3\times 10^{-3}$ ***OR*** use of $\Delta Q = \frac{5}{2}P\Delta V$ ✓ 3000 J ✓		**2**
	a	**iv**	curve starting at A ending on line CB ***AND*** between B and zero pressure ✓		**1**
	b	**i**	0 ✓		**1**
	b	**ii**	***ALTERNATIVE 1*** C has the same volume as B ***OR*** entropy is related to disorder ✓ higher temperature/pressure means greater disorder ✓ therefore entropy at C is greater «because entropy is related to disorder» ✓ ***ALTERNATIVE 2*** to change from B to C, $\Delta Q > 0$ ✓ so $\Delta S > 0$ ✓ ΔS related to disorder ✓		**3**

Option C — Imaging

Question			Answers	Notes	Total
9.	**a**		one correct ray drawn ✓ another correct ray ✓ image located at intersection of rays, behind the mirror ✓	*Label I is required.*	**3**
	b		≈ 0.4 ✓		**1**
	c		image is in better focus/sharper ***OR*** parabolic do not suffer from spherical aberration ✓ parabolic mirrors reflect parallel rays through one point ✓ whereas spherical mirrors reflect parallel rays through different points ✓	*Award 3rd mark even if implied in the answer.*	**3**

Question			Answers	Notes	Total
10	**a**		$F_o + f_e = 84$ so $f_e = 84 - 82 = 2$ cm ✓ «$M = \frac{f_o}{f_e} = \frac{82}{2} =$» 41 ✓		**2**
	b		a sign convention is a way to distinguish between real and virtual objects ***or*** images ***or*** converging and diverging lenses ✓		**1**
	c	**i**	image will be virtual $v = -25$ cm ✓ $\frac{1}{u} = \frac{1}{82} + \frac{1}{25}$ ✓ «$= 19$ cm ***or*** 0.19 m»	*Award **[1 max]** if $v = +25$ cm used to give $u = -36$ cm.*	**2**
	c	**ii**	image will be real $v = 84 - 19 = 65$ cm ✓ «$\frac{1}{u} = \frac{1}{2} - \frac{1}{65}$» so $u = 2.1$ cm ✓		**2**
	c	**iii**	$M_e =$ «$\frac{D}{f_e} + 1 = \frac{25}{82} + 1 =$» 1.3 ***AND*** $m_o =$ «$\frac{v}{f_o} - 1 = \frac{65}{2} - 1 =$» 31 ***or*** 32 ✓ so $M =$ «$M_e m_o = 1.3 \times 31 =$» 40 ***or*** 41 ✓	*Far point adjustment gives $M = 9.3$ (accept answers from interval 9.3 to 9.6), award **[1 max]** for full working.*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
11	a		curved, symmetrical path ✓	*Refraction on entry not required and ignored in diagram for simplicity.*	**1**
	b		waveguide dispersion means that rays not parallel to the central axis take longer to transmit ✓ in a graded-index fibre rays away from the central axis travel at a higher speed ***OR*** rays are **«**refracted**»** closer to the central axis ***OR*** effective diameter of the fibre is reduced ✓ because refractive index is greater in the centre ***OR*** refractive index is less at the edge ✓		**3**

Option D — Astrophysics

Question			Answers	Notes	Total
12	**a**		made of dust and/or gas ✓ formed from supernova ✓ can form new stars ✓ some radiate light from enclosed stars ✓ some absorb light from distant stars ✓		**1 max**
	b		$d=\frac{1}{8.32\times10^{-3}}$ ***OR*** $120\,\text{pc}$ ✓ $120\times3.26\times9.46\times10^{15}=3.70\times10^{18}\,\text{m}$ ✓	*Answer must be in metres, watch for POT.*	**2**
	c		distances are so big/large ***OR*** to avoid using large powers of 10 ***OR*** they are based on convenient definitions ✓		**1**

13	**a**		$T=\frac{2.9\times10^{-3}}{740\times10^{-9}}$ ✓ 3900 K ✓	*Answer must be to at least 2SF.*	**2**
	b		$L=5.67\times10^{-8}\times4\pi\times\left(3.1\times10^{10}\right)^{2}\times4000^{4}$ ✓ $=1.8\times10^{29}\,\text{W}$ ✓	*Accept use of 3900^{4} to give $1.6\times10^{29}\,W$.*	**2**
	c		absorption lines in spectra ✓ are specific to particular elements ✓	*Accept “emission lines in spectra”.*	**2**
	d		helium ✓		**1**

Question			Answers	Notes	Total
13	e		helium flash ✓ expansion of outer shell ***OR*** surface temperature increase ✓ planetary nebula phase ✓ only the core remains ✓ if below 1.4 M_S/Chandrasekhar limit then white dwarf ✓		**3 max**

14	a	i	$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_o}$ where $\Delta\lambda$ is the redshift of a wavelength and λ_o is the wavelength measured at rest on Earth ***OR*** it is a measure of cosmological redshift ✓	*Do not allow just "redshift".*	**1**
	a	ii	«$z = \frac{R}{R_o} - 1$, $\frac{R_o}{R} = \frac{1}{z+1}$» so $\frac{R_o}{R} =$ «$\frac{1}{1.16}$» $= 0.86$ ✓	*Do not accept answer 1.16.*	**1**
	a	iii	$v = zc = 0.16 \times 3 \times 10^8 = 4.8 \times 10^4\,\text{km s}^{-1}$ ✓ $d = \frac{v}{H_0} = \frac{4.8 \times 10^4}{68} = 706\,\text{Mpc}$ ***OR*** $2.2 \times 10^{25}\,\text{m}$ ✓		**2**
	b		as the universe expanded it cooled/wavelength increased ✓ the temperature dropped to the present approximate 3 K ***OR*** wavelength stretched to the present approximate 1 mm ✓	*Value is required for MP2.*	**2**



Física
Nivel medio
Prueba 1

Martes 8 de noviembre de 2016 (mañana)

45 minutos

Instrucciones para los alumnos

- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas.
- Seleccione la respuesta que considere más apropiada para cada pregunta e indique su elección en la hoja de respuestas provista.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de física** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[30 puntos]**.

8816 – 6528

1. Un chico salta desde un muro de 3 m de altura. ¿Cuál será una buena estimación de la variación de su momento lineal cuando alcanza el suelo sin rebotar

A. 5×10^{0} kg m s^{-1}

B. 5×10^{1} kg m s^{-1}

C. 5×10^{2} kg m s^{-1}

D. 5×10^{3} kg m s^{-1}

2. Sobre dos rendijas separadas 1000 μm incide luz con longitud de onda de 400nm. El patrón de interferencia de las rendijas se observa desde un satélite que orbita a una altura sobre la Tierra de 0,4 Mm. La distancia entre máximos de interferencia tal como se detecta en el satélite será:

A. 0,16 Mm.

B. 0,16 km.

C. 0,16 m.

D. 0,16 mm.

3. Un automóvil se desplaza en dirección norte con una rapidez constante de 3 m s^{-1} durante 20 s y después hacia el este con una rapidez constante de 4 m s^{-1} durante 20 s. ¿Cuál es la rapidez media del coche durante este movimiento?

A. 7,0 m s^{-1}

B. 5,0 m s^{-1}

C. 3,5 m s^{-1}

D. 2,5 m s^{-1}

4. Un objeto de peso W está cayendo en vertical a una velocidad constante dentro de un fluido. ¿Cuál será el módulo de la fuerza de arrastre que actúa sobre el objeto?

A. 0

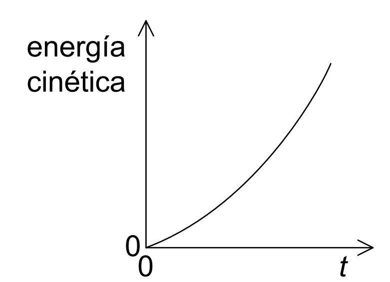
B. $\frac{W}{2}$

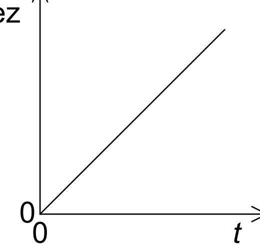
C. W

D. $2W$

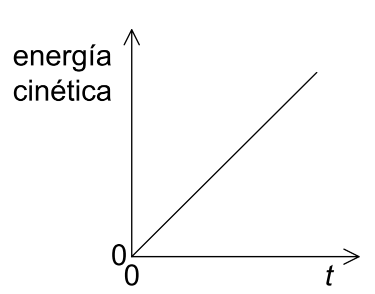
5. Un objeto, inicialmente en reposo, se acelera mediante una fuerza constante. ¿Qué gráficas muestran la variación de la energía cinética con el tiempo t, y la variación de la rapidez del objeto con el tiempo t?

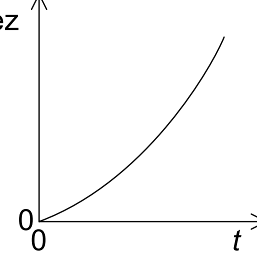
A.



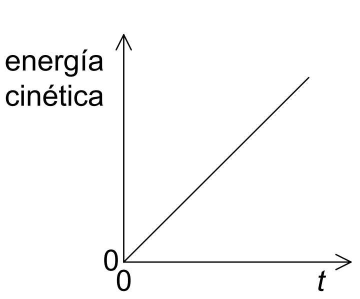


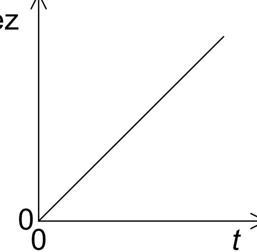
B.



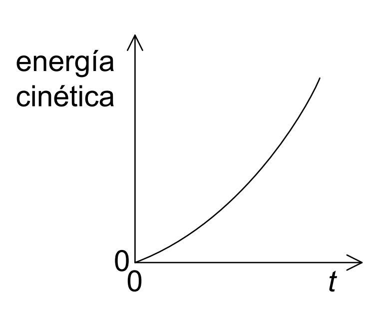


C.



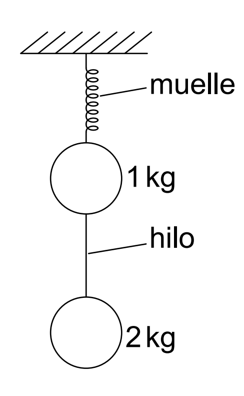


D.



rapidez
0
0
t

6. Se conectan dos objetos estacionarios de masa 1 kg y 2 kg mediante un hilo y se cuelgan de un muelle (resorte).



Si se corta el hilo, ¿cuánto valdrán los módulos de las aceleraciones de los objetos inmediatamente después del corte en función de la aceleración debida a la gravedad g?

	Aceleración del objeto de 1 kg	**Aceleración del objeto de 2 kg**
A.	$3g$	$2g$
B.	$2g$	$2g$
C.	$3g$	$1g$
D.	$2g$	$1g$

7. Un alumno cuyo peso es de 600 N sube por una escalera vertical de 6,0 m de altura en un tiempo de 8,0 s. ¿Cuál será la potencia desarrollada en contra de la gravedad por el alumno?

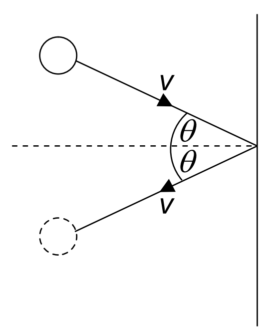
A. 22 W

B. 45 W

C. 220 W

D. 450 W

8. Una pelota de masa m golpea una pared vertical con una rapidez *v* y formando un ángulo *q* con la pared. Si la pelota rebota con igual rapidez y ángulo, ¿cuál será la variación en el módulo del momento de la pelota?



A. $2mv\sin\theta$

B. $2mv\cos\theta$

C. $2mv$

D. zero

9. Dos objetos m_1 y m_2 se aproximan uno hacia el otro en línea recta con rapideces v_1 y v_2 tal como se muestra. Los objetos colisionan y se quedan juntos.



¿Cuál será la variación total de momento lineal de los objetos como resultado de la colisión?

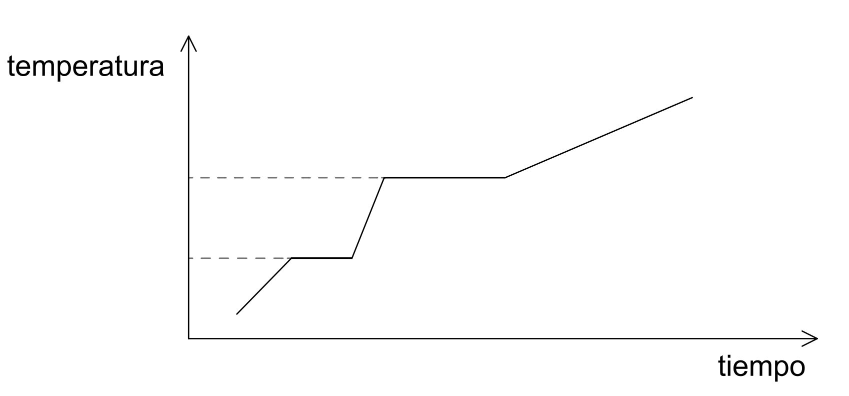
A. $m_1v_1 + m_2v_2$

B. $m_1v_1 - m_2v_2$

C. $m_2v_2 - m_1v_1$

D. cero

10. A una masa fija de un material se le suministra energía a ritmo constante. El material es inicialmente sólido. La gráfica muestra la variación de la temperatura del material frente al tiempo.



Si los calores específicos de las formas sólida, líquida y gaseosa del material son c_s c_l y c_g respectivamente, ¿qué se puede deducir de los valores de c_s c_l y c_g?

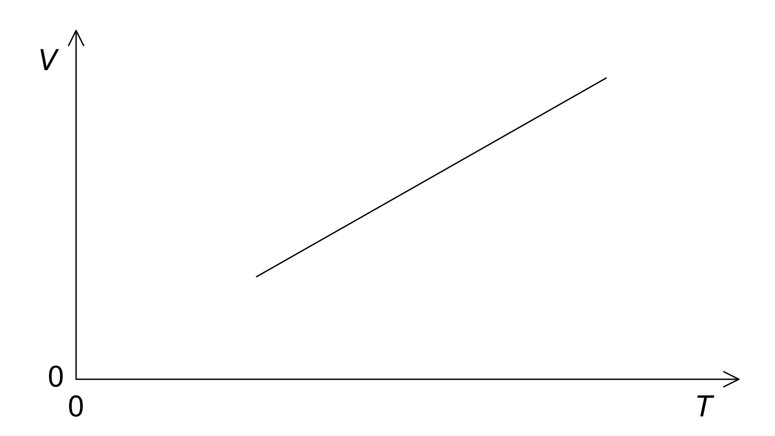
A. $c_s > c_g > c_l$

B. $c_l > c_s > c_g$

C. $c_l > c_g > c_s$

D. $c_g > c_s > c_l$

11. Se mantiene a una presión constante p un gas ideal de N moléculas. La gráfica muestra cómo varía el volumen V del gas frente a la temperatura absoluta T.



¿Cuál será la pendiente de la gráfica?

A. $\frac{N}{p}$

B. $\frac{NR}{p}$

C. $\frac{Nk_B}{p}$

D. $\frac{N}{Rp}$

12. Se reduce, a temperatura constante, la presión de una masa fija de un gas ideal en un recipiente. Las moléculas del gas sufrirán una disminución en:

A. su velocidad cuadrática media.

B. el número de ellas que golpean las paredes del recipiente en cada segundo.

C. la fuerza entre ellas.

D. su diámetro.

13. Un cuerpo sufre una oscilación bajo movimiento armónico simple (mas). ¿Cuál es la afirmación correcta respecto a los sentidos de la aceleración del cuerpo y de su velocidad?

A. Siempre opuestos

B. Opuestos durante medio período

C. Opuestos durante un cuarto de período

D. Nunca opuestos

14. Una partícula oscila con movimiento armónico simple (mas) de período T. ¿Cuál de las gráficas muestra la variación con el tiempo de la energía cinética de la partícula?

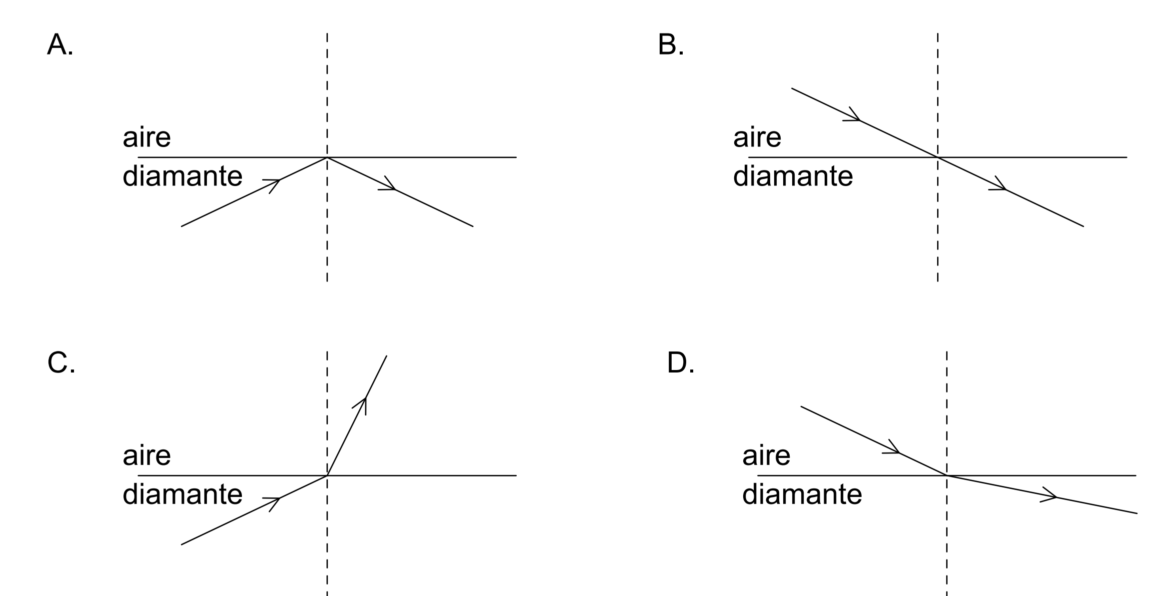
A. energía cinética, 0, 0, T, tiempo

B. energía cinética, 0, 0, T, tiempo

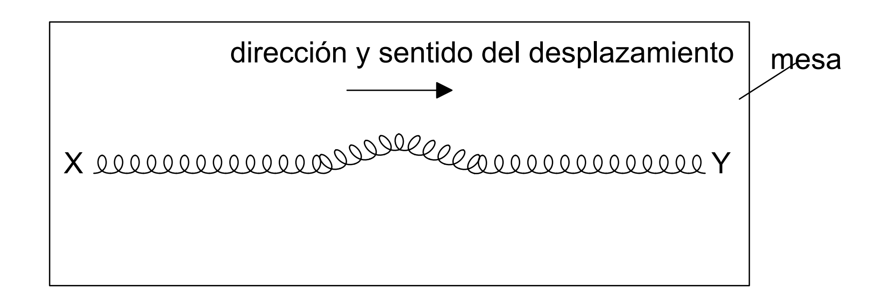
C. energía cinética, 0, 0, T, tiempo

D. energía cinética, 0, 0, T, tiempo

15. Un rayo de luz incide sobre la frontera aire–diamante. Si el índice de refracción del diamante es mayor que 1, ¿cuál de los diagramas muestra la trayectoria correcta del rayo de luz?



16. Un muelle (resorte) XY se encuentra apoyado sobre una mesa sin rozamiento y con su extremo Y libre.



Si un pulso horizontal se desplaza sobre el muelle de X a Y, ¿qué ocurrirá cuando el pulso alcance Y?

A. El pulso será reflejado hacia X e invertido.

B. El pulso será reflejado hacia X pero no invertido.

C. Y se desplazará y el pulso desaparecerá.

D. Y no se desplazará y el pulso desaparecerá.

17. Una alumna se encuentra de pie a una distancia L de una pared y bate sus palmas. Nada más oír el eco de la pared vuelve a batir sus palmas. Continúa haciendo esto, de tal modo que coinciden sus batidos sucesivos con el sonido reflejado en la pared. Si la frecuencia con que bate es f, ¿cuál ha de ser la velocidad del sonido en el aire?

A. $\frac{L}{2f}$

B. $\frac{L}{f}$

C. Lf

D. $2Lf$

18. Una carga de $-5\,\mu C$ y otra de $+10\,\mu C$ se encuentran separadas por una distancia fija.



¿Dónde puede anularse el campo eléctrico?

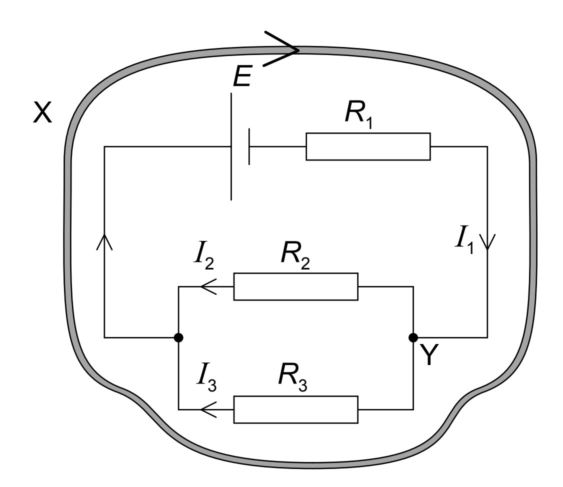
A. en la posición I solamente

B. en la posición II solamente

C. en la posición III solamente

D. en las posiciones I, II y III

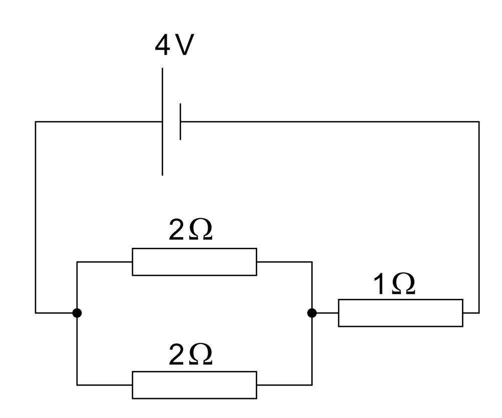
19. Se muestra un circuito eléctrico con un lazo X y un nodo Y.



¿Cuál es la expresión correcta de las leyes de Kirchhoff de los circuitos para el lazo X y el nodo Y?

	Lazo X	Nodo Y
A.	$-E = I_1R_1 + I_3R_3$	$I_1 = I_2 + I_3$
B.	$-E = I_1R_1 + I_3R_3$	$I_1 + I_2 = I_3$
C.	$E = I_1R_1 - I_3R_3$	$I_1 = I_2 + I_3$
D.	$E = I_1R_1 - I_3R_3$	$I_1 + I_2 = I_3$

20. Se conecta una célula de f.e.m. 4 V y resistencia interna despreciable a tres resistencias (resistores), tal como se muestra. Las dos resistencias de 2 Ω están conectadas en paralelo entre sí y en serie con otra resistencia de 1 Ω.



¿Qué potencia se disipará en una de las resistencias de 2 Ω? ¿Y en todo el circuito?

	Potencia disipada en la resistencia de 2 Ω / W	**Potencia disipada en todo el circuito / W**
A.	2	6
B.	1	6
C.	0,5	8
D.	2	8

21. Un cable que transporta una corriente de intensidad I es perpendicular a un campo magnético uniforme de intensidad B. Sobre el cable actúa una fuerza magnética F. ¿Qué fuerza actuará si se coloca el mismo cable en perpendicular a un campo magnético uniforme de intensidad $2B$ cuando la intensidad de la corriente es $\frac{I}{4}$?

A. $\frac{F}{4}$

B. $\frac{F}{2}$

C. F

D. $2F$

22. Un objeto en el extremo de una barra de madera gira en una circunferencia vertical con velocidad angular constante. ¿Qué afirmación es correcta respecto a la tensión en la barra?

A. Es máxima cuando el objeto está en lo más bajo de la circunferencia.

B. Es máxima cuando el objeto está a mitad de altura sobre la circunferencia.

C. Es máxima cuando el objeto está en lo más alto de la circunferencia.

D. No varía durante el movimiento.

23. En Marte, la intensidad del campo gravitatorio es alrededor de $\frac{1}{4}$ la de la Tierra. La masa de la Tierra es aproximadamente diez veces la de Marte.

¿Cuál será el cociente $\frac{\text{radio de la Tierra}}{\text{radio de Marte}}$?

A. 0,4

B. 0,6

C. 1,6

D. 2,5

24. Sobre un vapor de baja presión inciden fotones con energía de 2,3 eV. Se muestran los niveles de energía de los átomos del vapor.

0 eV ———

–1,6 eV ———

–2,5 eV ———

–3,9 eV ——— no a escala

¿Qué transición de energía ocurrirá cuando un fotón sea absorbido por el vapor?

A. –3,9 eV a –1,6 eV

B. –1,6 eV a 0 eV

C. –1,6 eV a –3,9 eV

D. 0 eV a –1,6 eV

25. Cuando una partícula alfa colisiona con un núcleo de nitrógeno 14 ($^{14}_{7}N$), puede producirse un núcleo X junto con un protón. ¿Cuál será X?

A. $^{18}_{8}X$

B. $^{17}_{8}X$

C. $^{18}_{9}X$

D. $^{17}_{9}X$

26. El defecto de masa del deuterio es de 4×10^{-30} kg. ¿Cuál es entonces la energía de enlace del deuterio?

A. 4×10^{-7} eV

B. 8×10^{-2} eV

C. 2×10^{6} eV

D. 2×10^{12} eV

27. Dentro de un hadrón, hay una interacción entre los quarks que se intensifica cuando estos se separan entre sí. ¿Cuál es la naturaleza de esta interacción?

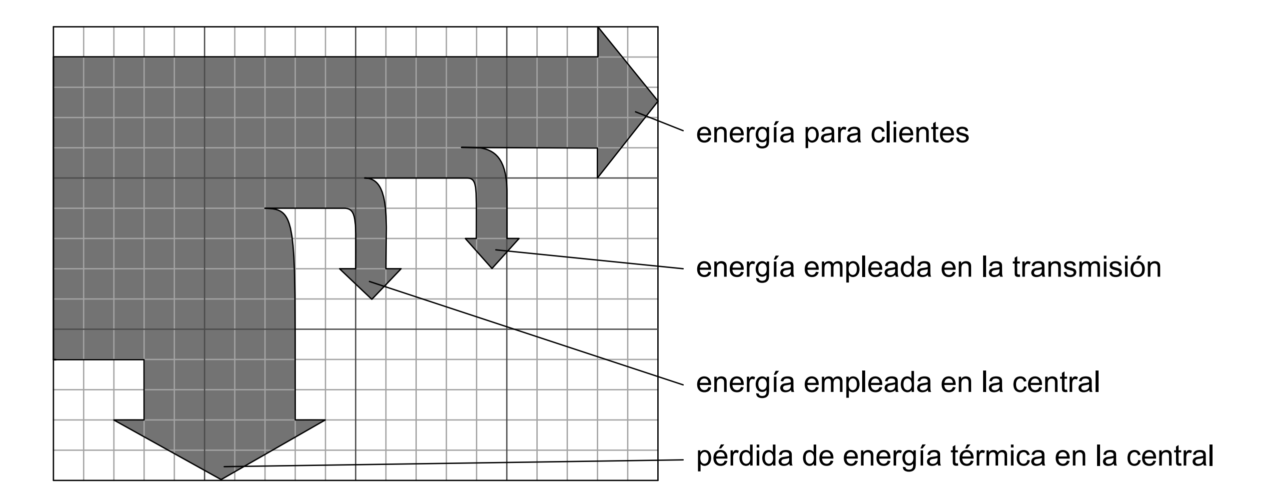
A. Electrostática

B. Gravitatoria

C. Nuclear fuerte

D. Nuclear débil

28. El diagrama de Sankey representa el flujo de energía para una central eléctrica de carbón.



¿Cuál será el rendimiento neto de la central eléctrica?

A. 0,3

B. 0,4

C. 0,6

D. 0,7

29. ¿Cuál de las siguientes fuentes de energía **no** es primaria?

A. Turbina eólica

B. Motor de reacción

C. Central eléctrica de carbón

D. Central eléctrica nuclear

30. ¿Cuáles son las principales transiciones de energía en una célula fotovoltaica y en un panel calefactor solar?

	Célula fotovoltaica	**Panel calefactor solar**
A.	solar a eléctrica	solar a térmica
B.	solar a térmica	solar a térmica
C.	solar a eléctrica	eléctrica a térmica
D.	solar a térmica	eléctrica a térmica



Markscheme

November 2016

Physics

Standard level

Paper 1

1.	C	16.	B	31.	–	46.	–
2.	B	17.	D	32.	–	47.	–
3.	C	18.	C	33.	–	48.	–
4.	C	19.	A	34.	–	49.	–
5.	A	20.	D	35.	–	50.	–
6.	D	21.	B	36.	–	51.	–
7.	D	22.	A	37.	–	52.	–
8.	A	23.	C	38.	–	53.	–
9.	D	24.	A	39.	–	54.	–
10.	D	25.	B	40.	–	55.	–
11.	C	26.	C	41.	–	56.	–
12.	B	27.	C	42.	–	57.	–
13.	B	28.	A	43.	–	58.	–
14.	D	29.	B	44.	–	59.	–
15.	A	30.	A	45.	–	60.	–



Física
Nivel medio
Prueba 2

Martes 8 de noviembre de 2016 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

1 hora 15 minutos

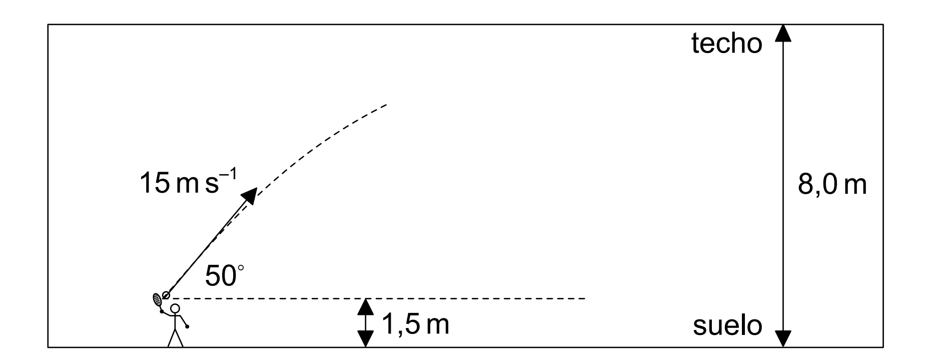
Instrucciones para los alumnos

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas.
- Escriba sus respuestas en las casillas provistas.
- En esta prueba es necesario usar una calculadora.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de física** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[50 puntos]**.

8816 – 6529

Conteste **todas** las preguntas. Escriba sus respuestas en las casillas provistas.

1. Se golpea con una raqueta una pelota de tenis desde un punto a 1,5 m sobre el suelo. El techo está a 8,0 m sobre el suelo. La velocidad inicial de la pelota es de 15 m s^{-1} a 50° sobre la horizontal. Suponga que la resistencia del aire es despreciable.



(a) Determine si la pelota golpeará el techo. [3]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(b) La pelota de tenis se encontraba parada antes de ser golpeada. Tiene una masa de $5,8 \times 10^{-2}$ kg y estuvo en contacto con la raqueta durante 23 ms.

(i) Calcule la fuerza media ejercida por la raqueta sobre la pelota. [1]

. . . .

. . . .

(ii) Explique cómo se aplica la tercera ley de Newton cuando la raqueta golpea a la pelota de tenis. [2]

. . . .

. . . .

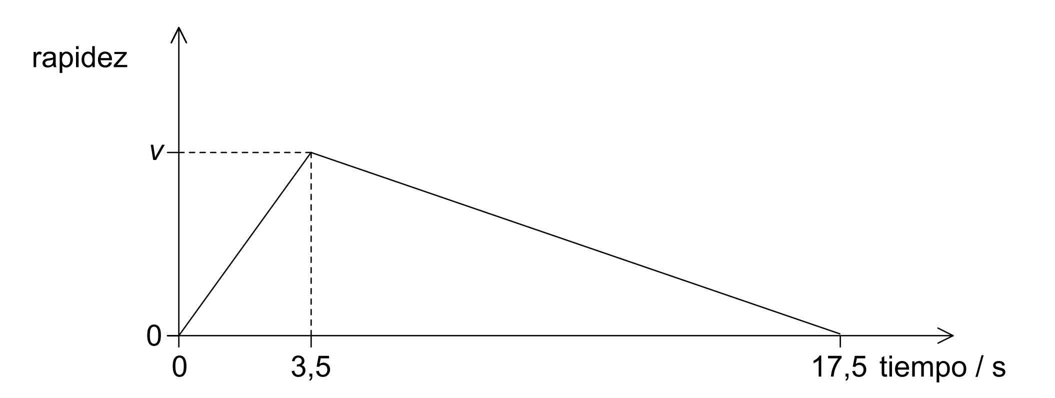
. . . .

. . . .

. . . .



2. El *curling* es un deporte que se practica sobre una superficie horizontal de hielo. Un jugador empuja una piedra grande y lisa sobre el hielo durante varios segundos y la suelta. La piedra se sigue moviendo hasta que el rozamiento la hace parar. En la gráfica se muestra la variación con el tiempo de la rapidez de la piedra.



La distancia total recorrida por la piedra en 17,5 s es de 29,8 m.

(a) Determine la rapidez máxima *v* de la piedra. [2]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

(b) (i) La piedra tiene una masa de 20 kg. Determine la fuerza de rozamiento sobre la piedra durante los últimos 14,0 s. [2]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

(ii) Determine la energía disipada debida al rozamiento durante los últimos 14,0 s. [2]

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

3. (a) Defina *energía interna*. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(b) 0,46 moles de un gas ideal monoatómico se encuentran atrapados en un cilindro. El gas tiene un volumen de 21 cm^3 cuando está a una presión de 1,4 Pa.

(i) Indique cómo difiere la energía interna de un gas ideal de la de un gas real. [1]

. . . .

. . . .

. . . .

(ii) Determine, en kelvin, la temperatura del gas en el cilindro. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(iii) La teoría cinética de los gases ideales es un ejemplo de modelo científico. Identifique **una** razón por las que tales modelos son útiles para los científicos. [1]

. . . .

. . . .

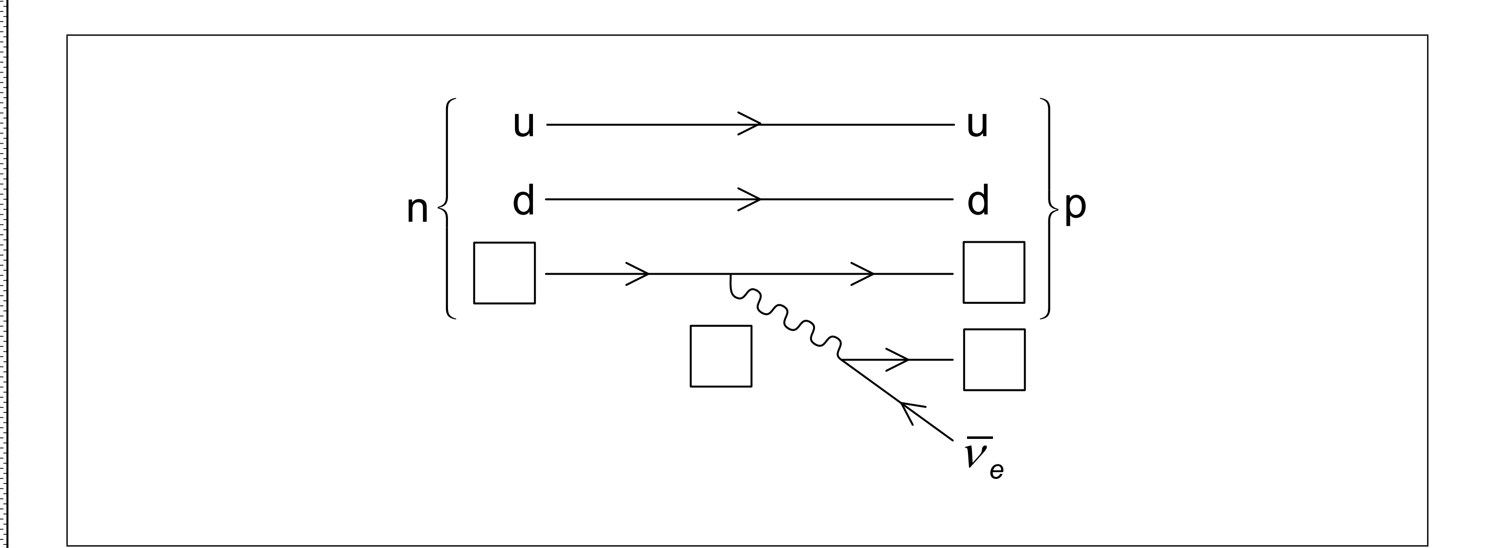


4. (a) Un mesón K concreto tiene una estructura de quarks ūs. Indique la carga de este mesón. [1]

. . . .

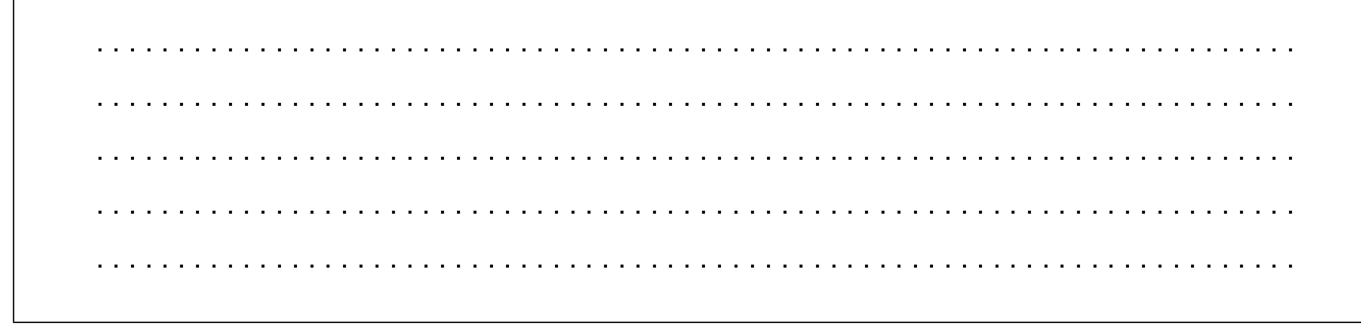
. . . .

(b) El diagrama de Feynman muestra los cambios que se producen durante la desintegración beta menos (β^-).



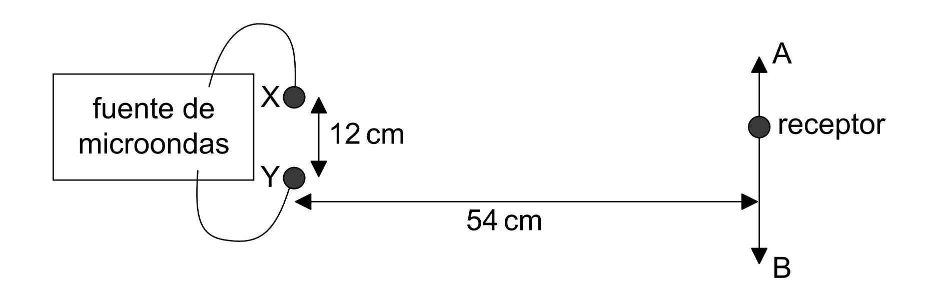
Etiquete el diagrama insertando los símbolos de las **cuatro** partículas que faltan. [2]

(c) El carbono 14 (C-14) es un isótopo radiactivo que sufre una desintegración beta menos al isótopo estable nitrógeno 14 (N-14). Durante esta desintegración se libera energía. Explique por qué la masa de un núcleo de C-14 y la masa de un núcleo de N-14 son ligeramente diferentes aun cuando ambos tienen igual número de nucleones. [2]





5. (a) Se colocan dos transmisores de microondas X e Y separados 12 cm entre sí y se conectan a una misma fuente. Se sitúa un receptor único a 54 cm de distancia y se desplaza a lo largo de una línea AB paralela a la línea que une X e Y.



Se detectan máximos y mínimos de intensidad en varios puntos a lo largo de AB.

(i) Explique la formación de los **mínimos** de intensidad. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(ii) Si la distancia entre el máximo central y el primer mínimo es de 7,2 cm, calcule la longitud de onda de las microondas. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

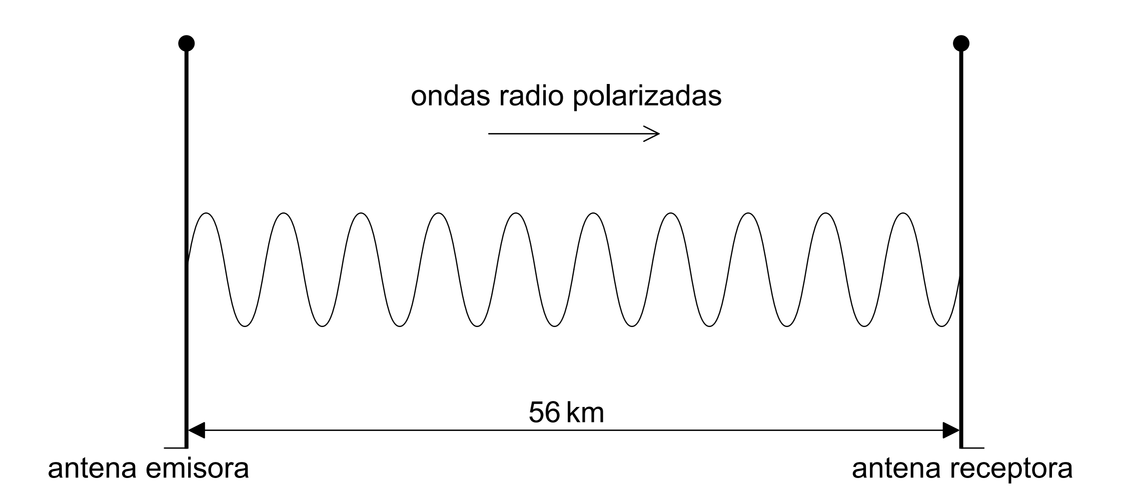
. . . .

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 5: continuación)

(b) Una antena formada por una barra conductora recta emite ondas radio. El plano de polarización de estas ondas es paralelo a la antena emisora.



Se utiliza una antena idéntica para la recepción. Sugiera por qué la antena receptora ha de ser paralela a la antena emisora. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

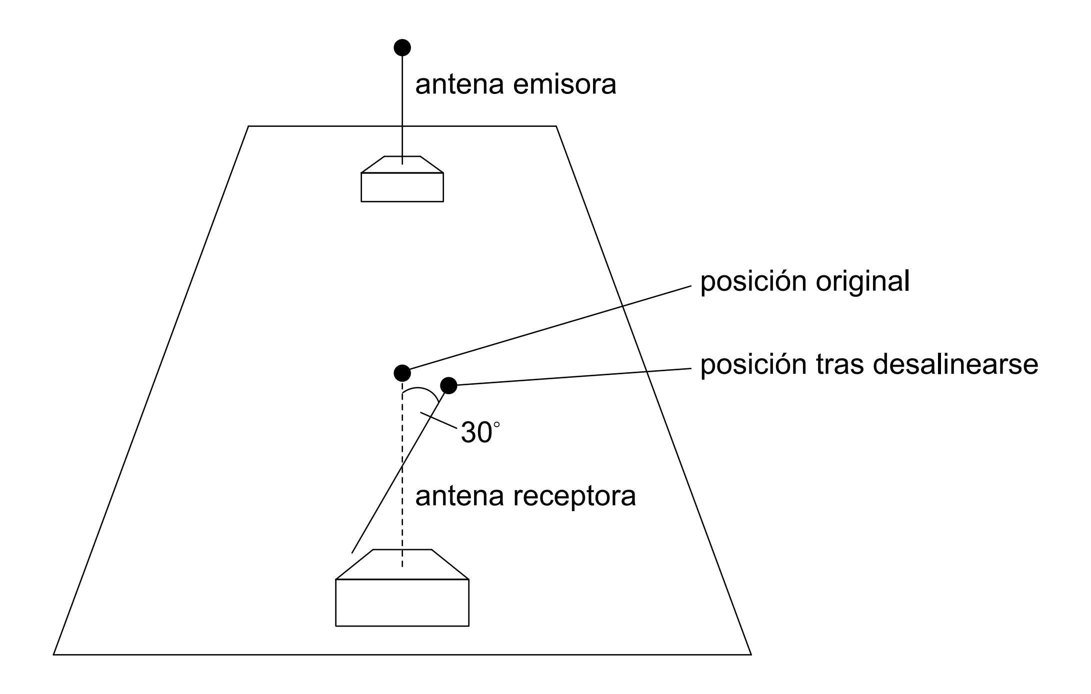
. . . .

. . . .

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

(Pregunta 5: continuación)

(c) La antena receptora queda desalineada, girada 30° desde su posición original.



La potencia de la señal recibida en esta nueva posición es de 12 μW.

(i) Calcule la potencia recibida en la posición original. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(ii) Calcule el tiempo mínimo entre la emisión de la onda desde la antena emisora y su recepción. [1]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .



6. (a) (i) Defina *intensidad del campo gravitatorio*. [1]

. . . .

. . . .

(ii) Indique la unidad SI para la intensidad del campo gravitatorio. [1]

. . . .

. . . .

(b) Un planeta orbita en torno al Sol en una órbita circular con período orbital T y radio orbital R. La masa del Sol es M.

(i) Muestre que $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM}}$. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(ii) La órbita de la Tierra en torno al Sol es casi circular con radio $1{,}5 \times 10^{11}$ m. Estime la masa del Sol. [2]

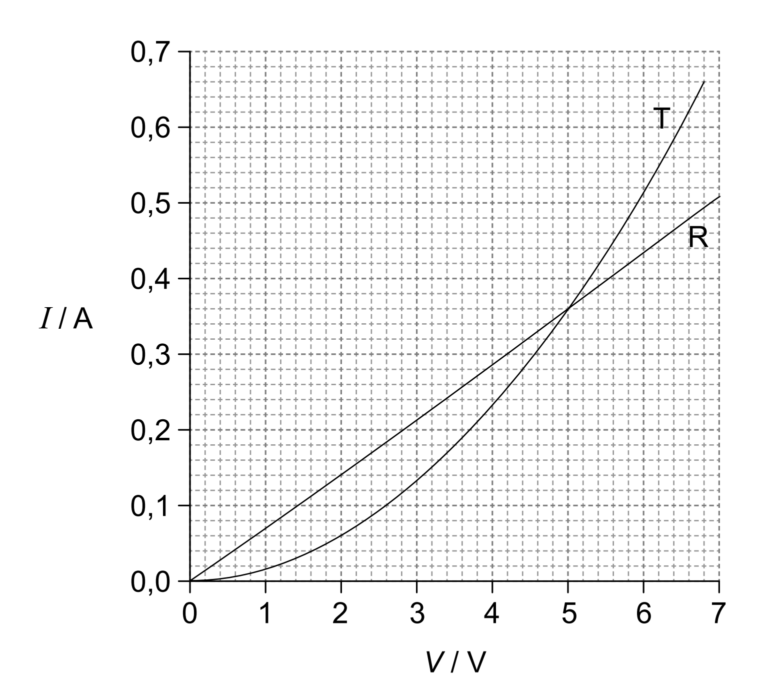
. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

7. La gráfica muestra cómo varía una corriente I frente a la diferencia de potencial V para una resistencia (resistor) R y un componente no óhmico T.



(a) (i) Indique cómo varía la resistencia de T frente a la corriente que pasa por T. [1]

. . . .

. . . .

(ii) Deduzca, sin cálculos numéricos, si es R **o** T el que tiene mayor resistencia en $I = 0{,}40$ A. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

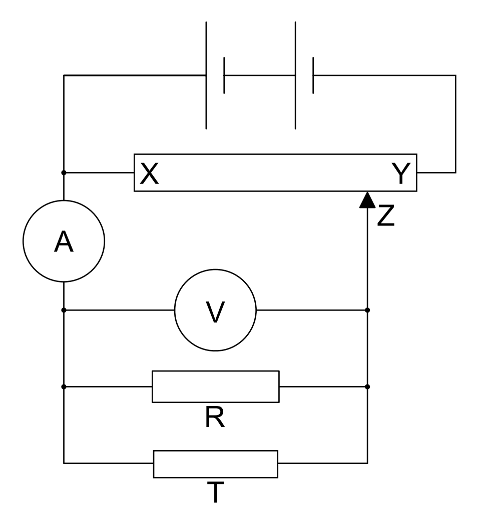
. . . .

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 7: continuación)

(b) Se colocan en un circuito los componentes R y T. Los dos aparatos de medición son ideales.



Se mueve el mando deslizante Z del potenciómetro de Y a X.

(i) Indique qué ocurre a la magnitud de la corriente en el amperímetro. [1]

. . . .

. . . .

(ii) Estime, con una explicación, la lectura del voltímetro cuando el amperímetro marca 0,20A. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .



8. Se dispone de los siguientes datos para una central eléctrica de alto rendimiento de gas natural.

Tasa de consumo de gas natural	$= 14,6\ \text{kg s}^{-1}$
Energía específica del gas natural	$= 55,5\ \text{MJ kg}^{-1}$
Rendimiento de la generación de energía eléctrica	$= 59,0\ \%$
Masa de CO_2 generada por kg de gas natural	$= 2,75\ \text{kg}$
Un año	$= 3,16 \times 10^7\ \text{s}$

(a) Calcule, en una unidad adecuada, la potencia eléctrica de salida de la central eléctrica. [1]

. . . .

. . . .

(b) Calcule la masa de CO_2 generada en un año suponiendo que la central eléctrica funciona sin interrupción. [1]

. . . .

. . . .

(c) Explique, utilizando su respuesta en (b), por qué se pide a los países que reduzcan su dependencia de los combustibles fósiles. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(d) Describa, aludiendo a las transferencias de energía, cómo se transforma la energía térmica de la combustión de gas en energía eléctrica. [2]

. . . .

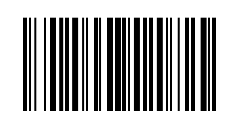
. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .



N16/4/PHYSI/SP2/ENG/TZ0/XX/M



Markscheme

November 2016

Physics

Standard level

Paper 2

17 pages



General Marking Instructions

Assistant Examiners (AEs) will be contacted by their team leader (TL) through RM™ Assessor, by e-mail or telephone – if through RM™ Assessor or by e-mail, please reply to confirm that you have downloaded the markscheme from IBIS. The purpose of this initial contact is to allow AEs to raise any queries they have regarding the markscheme and its interpretation. AEs should contact their team leader through RM™ Assessor or by e-mail at any time if they have any problems/queries regarding marking. For any queries regarding the use of RM™ Assessor, please contact emarking@ibo.org.

1. Follow the markscheme provided, award only whole marks and mark only in **RED**.

2. Make sure that the question you are about to mark is highlighted in the mark panel on the right-hand side of the screen.

3. Where a mark is awarded, a tick/check (✓) **must** be placed in the text at the **precise point** where it becomes clear that the candidate deserves the mark. **One tick to be shown for each mark awarded.**

4. Sometimes, careful consideration is required to decide whether or not to award a mark. In these cases use RM™ Assessor annotations to support your decision. You are encouraged to write comments where it helps clarity, especially for re-marking purposes. Use a text box for these additional comments. It should be remembered that the script may be returned to the candidate. Please do not allow these annotations to obscure the written material. Try to keep these to the margin of the scan as far as possible. (Ticks should however be at the point of award, cf 4.)

5. Personal codes/notations are unacceptable.

6. Where an answer to a part question is worth no marks but the candidate has attempted the part question, use the “ZERO” annotation to award zero marks. Where a candidate has not attempted the part question, use the “SEEN” annotation to show you have looked at the question. RM™ Assessor will apply “NR” once you click complete.

7. Ensure that you have viewed **every** page including any additional sheets. Please ensure that you stamp “SEEN” on any additional pages that contain work not related to the QIG you are currently marking, or are blank or where the candidate has crossed out his/her work.

8. Mark positively. Give candidates credit for what they have achieved and for what they have got correct, rather than penalizing them for what they have got wrong. However, a mark should not be awarded where there is contradiction within an answer. Make a comment to this effect using a text box or the “CON” stamp.

Subject Details: Physics SL Paper 2 Markscheme

Candidates are required to answer **all** questions. Maximum total **50 marks**.

1. Each row in the "Question" column relates to the smallest subpart of the question.

2. The maximum mark for each question subpart is indicated in the "Total" column.

3. Each marking point in the "Answers" column is shown by means of a tick (✓) at the end of the marking point.

4. A question subpart may have more marking points than the total allows. This will be indicated by "**max**" written after the mark in the "Total" column. The related rubric, if necessary, will be outlined in the "Notes" column.

5. An alternative wording is indicated in the "Answers" column by a slash (***/***). Either wording can be accepted.

6. An alternative answer is indicated in the "Answers" column by "***OR***". Either answer can be accepted.

7. An alternative markscheme is indicated in the "Answers" column under heading ***ALTERNATIVE 1*** *etc*. Either alternative can be accepted.

8. Words inside chevrons **« »** in the "Answers" column are not necessary to gain the mark.

9. Words that are underlined are essential for the mark.

10. The order of marking points does not have to be as in the "Answers" column, unless stated otherwise in the "Notes" column.

11. If the candidate's answer has the same "meaning" or can be clearly interpreted as being of equivalent significance, detail and validity as that in the "Answers" column then award the mark. Where this point is considered to be particularly relevant in a question it is emphasized by ***OWTTE*** (or words to that effect) in the "Notes" column.

12. Remember that many candidates are writing in a second language. Effective communication is more important than grammatical accuracy.

13. Occasionally, a part of a question may require an answer that is required for subsequent marking points. If an error is made in the first marking point then it should be penalized. However, if the incorrect answer is used correctly in subsequent marking points then **follow through** marks should be awarded. When marking, indicate this by adding **ECF** (error carried forward) on the script. "ECF acceptable" will be displayed in the "Notes" column.

14. Do **not** penalize candidates for errors in units or significant figures, **unless** it is specifically referred to in the "Notes" column.

Question			Answers	Notes	Total
1.	**a**		determines component correctly / 15 sin 50 seen ✓ $s =$ «$\frac{(15\sin 50)^2}{2\times 9.81} =$» 6.7 «m» ✓ correct reasoning consistent with candidate data ✓	*Allow method via $v = u + at$. Allow use of $g = 10\,m\,s^{-2}$, gives 6.6 m and 8.1 m.* *Allow **[2 max]** for use of 15 cos 50, gives 4.7 m and 6.2 m.* *Allow **[1 max]** (as MP2) if 13 m is obtained due to use of $15\,m\,s^{-1}$ rather than 15 sin **or** 15 cos 50.* *If no unit given, assume metre.*	**3**
	b	**i**	$F =$ «$\frac{(0.058\times 15)}{0.023} =$» 38 «N» OR 37.8«N» ✓	*Do not penalise sf here. Working not required.*	**1**
	b	**ii**	force of ball on racket is equal to force of racket on ball ***or*** is 38 N ✓ ball exerts force in opposite direction to force of racket on ball ✓	*Do not accept "same force".* *Allow ECF from force value in bi* *Accept "opposite force" for "in opposite direction".* *Do not accept undefined references to "reaction" the direction of the forces must be clear.*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
2.	a		evidence that area under graph used ***OR*** use of mean velocity × time ✓ «$\frac{29.8 \times 2}{17.5}$» = 3.41 «m s^{-1}» ✓	*Award **[2]** for a bald correct answer.* *Award **[1]** for 1.70 m s^{-1}.*	**2**
	b	i	«deceleration» = $\frac{3.41}{14.0}$ *OR* 0.243 « m s^{-2}» ✓ F = «0.243 × 20 = » 4.87 «N» ✓	*Award **[2]** for a bald correct answer.* *Award **[1 max]** for use of first 3.5 s.* *Allow ECF from 2(a).* *Ignore slight rounding errors*	**2**
	b	ii	***ALTERNATIVE 1*** calculates KE using $\frac{1}{2}mv^2$ ✓ 116 J ✓ ***ALTERNATIVE 2*** calculates distance as 23.9 «m» ✓ «4.86 × 23.90» = 116 J ✓	 *Allow ECF from (a).* *Award **[2]** for a bald correct answer.* *Allow ECF from (a).* *Allow ECF from (a) and (b)(i)* *Award **[2]** for a bald correct answer.* *Award **[1 max]** for use of first 3.5 s* *Unit is required for MP2*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
3.	**a**		mention of atoms/molecules/particles ✓ sum/total of kinetic energy and **«**mutual/intermolecular**»** potential energy ✓	*Do not allow "kinetic energy and potential energy" bald.* *Do not allow "sum of average ke and pe" unless clearly referring to total ensemble.*	**2**
	b	**i**	**«**intermolecular**»** potential energy/PE of an ideal gas is zero/negligible		**1**
	b	**ii**	**THIS IS FOR USE WITH AN ENGLISH SCRIPT ONLY** use of $T = \frac{PV}{nR}$ ***or*** $T = \frac{1.4 \times 21}{0.46 \times 8.31}$ ✓ 7.7 K ✓	*Award mark for correct re-arrangement as shown here not for quotation of Data Booklet version.* *Award **[2]** for a bald correct answer in K.* *Award **[2 max]** if correct 7.7 K seen followed by –265 °C and mark BOD. However, if only –265 °C seen, award **[1 max]**.* *Do not penalise use of "°K"*	**2**
	b	**ii**	**THIS IS FOR USE WITH A SPANISH SCRIPT ONLY** $T = \frac{PV}{nR}$ ✓ $T = \frac{1.4 \times 2.1 \times 10^{-6}}{0.46 \times 8.31}$ ✓ T = 7.7 $\times 10^{-6}$ K ✓	*Award mark for correct re-arrangement as shown here not for quotation of Data Booklet version.* *Uses correct unit conversion for volume* *Award **[2]** for a bald correct answer in K.* *Finds solution. Allow an ECF from MP2 if unit not converted, ie candidate uses 21 m3 and obtains 7.7 K* *Do not penalise use of "°K"*	**2 max**

Question			Answers	Notes	Total
	b	**iii**	models used to predict/hypothesize ✓ explain ✓ simulate ✓ simplify/approximate ✓	*Allow similar responses which have equivalent meanings. Response needs to identify* ***one*** *reason.*	**1 max**

Question			Answers	Notes	Total
4.	a		*charge*: –1«e» ***or*** negative ***or*** K^- ✓	*Negative signs required.*	**1**
	b		n: u, d, **d** → p: u, d, **u**; **W⁻**; **e⁻**; $\bar{\nu}_e$ correct symbols for both missing quarks ✓ exchange particle and electron labelled W ***or*** W^- and e ***or*** e^- ✓	*Do not allow W^+ or e^+ or β^+ Allow β or β^-*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
	c		decay products include an electron that has mass ***OR*** products have energy that has a mass equivalent ***OR*** mass/mass defect/binding energy converted to mass/energy of decay products ✓ **«**so**»** mass C-14 $>$ mass N-14 ***OR*** mass of *n* $>$ *mass of p* ***OR*** mass of *d* $>$ *mass of u* ✓	*Accept reference to "lighter" and "heavier" in mass.* *Do not accept implied comparison, eg "C-14 has greater mass". Comparison must be explicit as stated in scheme.*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
5.	**a**	**i**	minima = destructive interference ✓ at minima waves meet 180° ***or*** π out of phase ✓	*Allow "crest meets trough", but not "waves cancel".* *Allow "destructive superposition" but not bald "superposition".* *Allow similar argument in terms of effective path difference of $\frac{\lambda}{2}$.* *Allow "antiphase", allow "completely out of phase"* *Do not allow "out of phase" without angle.* *Do not allow $\frac{n\lambda}{2}$ unless qualified to odd integers but accept $(n+\frac{1}{2})\lambda$*	**2**
	a	**ii**	$\lambda = \frac{sd}{D}$ ***or*** $\lambda = \frac{12 \times 2 \times 7.2}{54} =$ ***or*** $\lambda = \frac{12 \times 7.2}{54} =$ seen ✓ $\lambda =$ «$\frac{12 \times 2 \times 7.2}{54} =$» 3.2 «cm» ✓	*Award **[2]** for a bald correct answer.* *Award **[1 max]** for 1.6 «cm»* *Award **[2 max]** to a trigonometric solution in which candidate works out individual path lengths and equates to $\frac{\lambda}{2}$.*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
	b		***ALTERNATIVE 1*** the component of the polarized signal in the direction of the receiving antenna ✓ is a maximum **«**when both are parallel**»** ✓ ***ALTERNATIVE 2*** receiving antenna must be parallel to plane of polarisation ✓ for power/intensity to be maximum ✓ ***ALTERNATIVE 3*** refers to Malus' law ***or*** $I = I_0 \cos^2\theta$ ✓ explains that I is max when $\theta = 0$ ✓ ***ALTERNATIVE 4*** an electric current is established in the receiving antenna which is proportional to the electric field ✓ maximum current in receiving antenna requires maximum field **«**and so must be parallel**»** ✓	*Do not accept "receiving antenna must be parallel to transmitting antenna"*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
	c	i	$I_0 = \frac{I}{\cos^2\theta}$ ***or*** $\frac{12}{\cos^2 30}$ seen ✓ 1.6×10^{-5} **«** W **»** ✓	*Award **[2]** for bald correct answer.* *Award **[1 max]** for MP1 if 9×10^{-6} W is the final answer (I and I_0 reversed).* *Award **[1 max]** if cos not squared (14 μW).* *Units not required but if absent assume W.*	**2**
	c	ii	1.9×10^{-4} **«** s **»** ✓		**1**

6.	**a**	**i**	«gravitational» force per unit mass on a «small **or** test» mass ✓		**1**
	a	**ii**	N kg^{-1} ✓	*Award mark if N kg^{-1} is seen, treating any further work as neutral.* *Do not accept bald m s^{-2}*	**1**

Question			Answers	Notes	Total
	b	i	clear evidence that *v* in $v^2 = \frac{4\pi^2R^2}{T^2}$ is equated to orbital speed $\sqrt{\frac{GM}{R}}$ ***OR*** clear evidence that centripetal force is equated to gravitational force ***OR*** clear evidence that *a* in $a = \frac{v^2}{R}$ etc is equated to *g* in $g = \frac{GM}{R^2}$ with consistent use of symbols ✓ substitutes and re-arranges to obtain result ✓ «$T = \sqrt{\frac{4\pi^2R}{\left(\frac{GM}{R^2}\right)}} = \sqrt{\frac{4\pi^2R^3}{GM}}$»	*Minimum is a statement that $\sqrt{\frac{GM}{R}}$ is the orbital speed which is then used in $v = \frac{2\pi R}{T}$* *Minimum is $F_c = F_g$ ignore any signs.* *Minimum is g = a.* *Allow any legitimate method not identified here.* *Do not allow spurious methods involving equations of shm etc*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
	b	ii	«$T = 365 \times 24 \times 60 \times 60 = 3.15 \times 10^7$ s» $M =$ «$\frac{4\pi^2 R^3}{GT^2} =$» $= \frac{4 \times 3.14^2 \times (1.5 \times 10^{11})^3}{6.67 \times 10^{-11} \times (3.15 \times 10^7)^2}$ ✓ 2×10^{30} «kg» ✓	*Allow use of 3.16 x 10^7 s for year length (quoted elsewhere in paper).* *Condone error in power of ten in MP1.* *Award **[1 max]** if incorrect time used (24 h is sometimes seen, leading to 2.66 x 10^{35} kg).* *Units are not required, but if not given assume kg and mark POT accordingly if power wrong.* *Award **[2]** for a bald correct answer.* *No sf penalty here.*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
7.	**a**	**i**	R_T decreases with increasing I ***OR*** R_T and I are negatively correlated ✓	*Must see reference to direction of change of current in first alternative.* *Do not allow "inverse proportionality".* *May be worth noting any marks on graph relating to 7bii.*	**1**
	a	**ii**	at 0.4 A: $V_R > V_T$ ***or*** V_R= 5.6 V and V_T = 5.3 V ✓ so $R_R > R_T$ because $V = IR$ / $V \propto R$ «and I same for both» ✓	*Award **[0]** for a bald correct answer without deduction or with incorrect reasoning.* *Ignore any references to graph gradients.* *Both elements must be present for MP2 to be awarded.*	**2**
	b	**i**	decreases ***OR*** becomes zero at X ✓		**1**
	b	**ii**	realization that V is the same for R and T ***OR*** identifies that currents are 0.14 A and 0.06 A ✓ $V = 2$ V OR 2.0 V ✓	*Award **[0]** if pds 2.8 V and 3.7 V or 1.4 V and 2.6 V are used in any way. Otherwise award **[1 max]** for a bald correct answer. Explanation expected.*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
8.	a		«$55.5 \times 14.6 \times 0.59$» $= 4.78 \times 10^8$ W ✓	*A unit is required for this mark. Allow use of J s^{-1}.* *No sf penalty.*	**1**
	b		«$14.6 \times 2.75 \times 3.16 \times 10^7 =$» 1.27×10^9 «kg» ✓	*If no unit assume kg.*	**1**
	c		CO_2 linked to greenhouse gas OR greenhouse effect ✓ leading to «enhanced» global warming ***OR*** climate change ***OR*** other reasonable climatic effect ✓		**2**
	d		internal energy of steam/particles OR KE of steam/particles ✓ «transfers to» KE of turbine ✓ «transfers to» KE of generator ***or*** dynamo «producing electrical energy» ✓	*Do not award mark for first and last energies as they are given in the question.* *Do not allow "gas" for "steam".* *Do not accept reference to moving OR turning generator.*	**2 max**



Física
Nivel medio
Prueba 3

Miércoles 9 de noviembre de 2016 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

1 hora

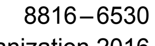
Instrucciones para los alumnos

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Escriba sus respuestas en las casillas provistas.
- En esta prueba es necesario usar una calculadora.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de física** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[35 puntos]**.

Sección A	Preguntas
Conteste todas las preguntas.	1 – 3

Sección B	Preguntas
Conteste todas las preguntas de una de las opciones.	
Opción A — Relatividad	4 – 7
Opción B — Física en ingeniería	8 – 10
Opción C — Toma de imágenes	11 – 14
Opción D — Astrofísica	15 – 17

8816 – 6530



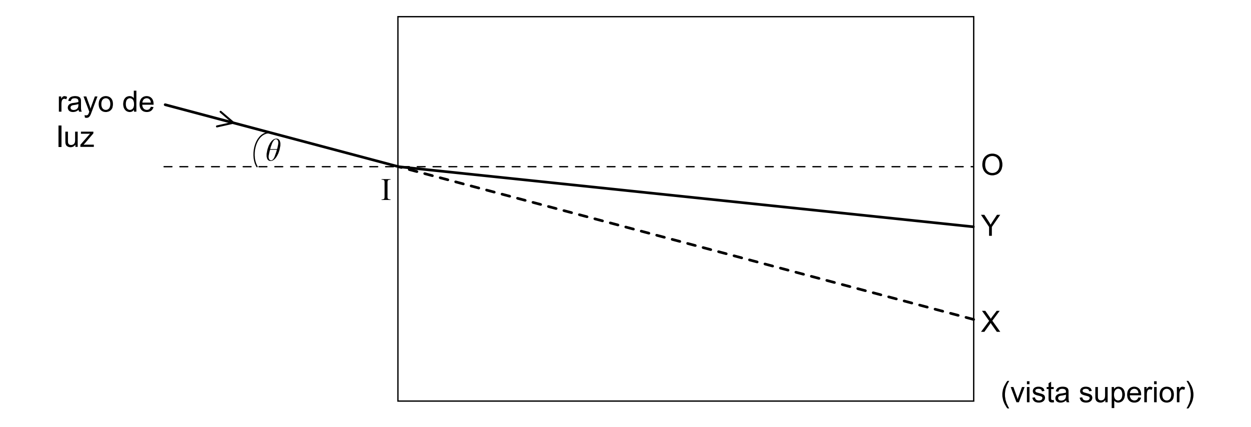
Sección A

Conteste **todas** las preguntas. Escriba sus respuestas en las casillas provistas.

1. Una alumna mide el índice de refracción del agua proyectando un rayo de luz sobre un contenedor transparente.

IO muestra la dirección de la normal en el punto en el que la luz incide sobre el contenedor. IX muestra la dirección del rayo de luz cuando el contenedor está vacío. IY muestra la dirección del rayo de luz desviado cuando el contenedor está lleno de agua.

Se hace variar el ángulo de incidencia θ y la alumna determina la posición de O, X e Y para cada ángulo de incidencia.



(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



Pregunta 1: continuación)

La tabla muestra los datos obtenidos por la alumna. La incertidumbre en cada medición de longitud es ±0,1 cm.

OX / cm	OY / cm
1,8	1,3
3,6	2,6
5,8	4,0
8,4	5,5
11,9	7,3
17,3	9,5
27,4	12,2

(a) (i) Resuma por qué OY tiene mayor incertidumbre en porcentaje que OX para cada par de datos. [1]

. . . .

. . . .

(ii) El índice de refracción del agua viene dado por $\frac{OX}{OY}$ cuando OX es pequeño.

Calcule la incertidumbre relativa del valor del índice de refracción del agua para $OX = 1,8$ cm. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

(Pregunta 1: continuación)

(b) Se representa una gráfica de la variación de OY frente a OX.

OY / cm

8,0
7,0
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0,0

0,0 2,0 4,0 6,0 8,0 10,0 12,0 14,0

OX / cm

(i) Dibuje sobre la gráfica las barras de error para OY cuando OX = 1,8 cm **y** cuando OY = 5,8 cm. [1]

(ii) Determine, utilizando la gráfica, el índice de refracción del agua en el contenedor para valores de OX menores de 6,0 cm. [3]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

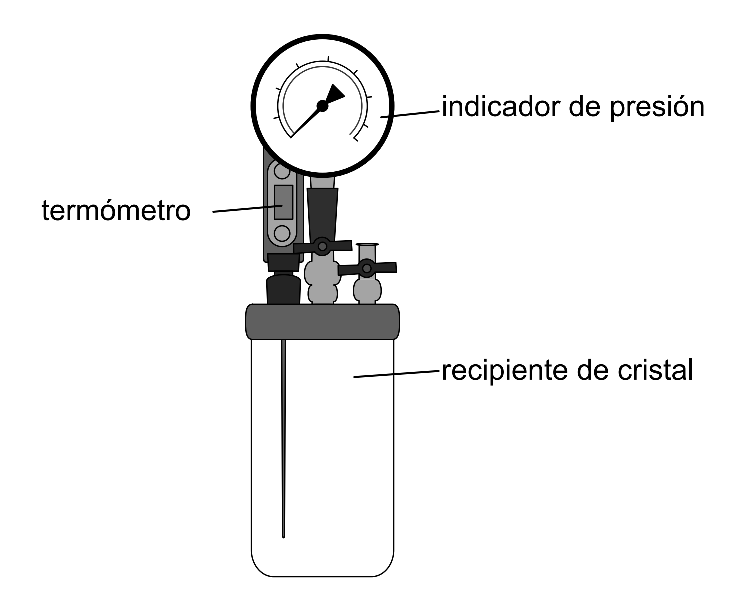
(iii) El índice de refracción para un material viene también dado por $\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r}$, en donde i es el ángulo de incidencia y r es el ángulo de refracción.

Resuma por qué la gráfica de la página 4 se desvía de una línea recta para valores grandes de OX. [1]

. . . .

. . . .

2. Se utiliza un aparato para verificar una ley de gases. El recipiente de cristal contiene un volumen fijo de aire. Se pueden tomar mediciones mediante el termómetro y el indicador de presión.



Se enfría el aparato en un congelador y se mete después en un baño de agua de modo que la temperatura del gas aumenta lentamente. Se registran la presión y temperatura del gas.

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

(a) La gráfica muestra los datos registrados.

Identifique la unidad fundamental del SI para la pendiente de la gráfica presión–temperatura. [1]

. . . .

(b) Se repite el experimento utilizando un gas diferente en el recipiente de cristal. La presión es baja en ambos experimentos y los dos gases pueden considerarse ideales.

(i) Utilizando los ejes proporcionados en (a), dibuje la gráfica esperada para este segundo experimento. [1]

(ii) Explique la forma y el punto de intersección con el eje de la gráfica dibujada en (b)(i). [2]

. . . .

. . . .

. . . .

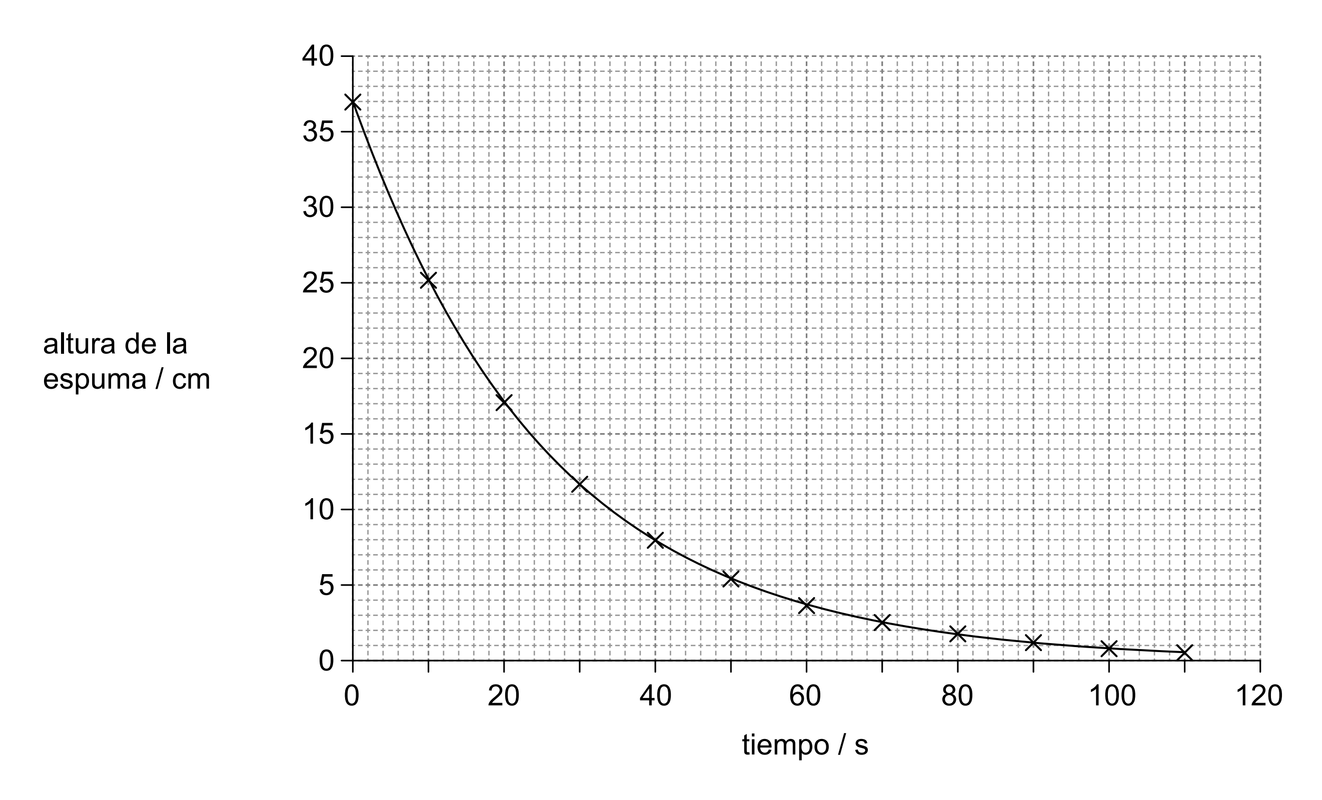
. . . .

No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



3. Un alumno vierte una bebida gaseosa enlatada en un contenedor cilíndrico tras agitar la lata con violencia antes de abrirla. Se produce un gran volumen de espuma que llena el contenedor. La gráfica muestra la variación de la altura de la espuma con el tiempo.



(a) Determine el tiempo transcurrido para que la espuma baje hasta

(i) la mitad de su altura inicial. [1]

. . . .

. . . .

(ii) un cuarto de su altura inicial. [1]

. . . .

. . . .

(b) La variación en la altura de la espuma puede modelarse utilizando ideas de otras áreas de la física. Identifique **otra** situación en la física que se modela de una manera similar. [1]

. . . .

. . . .

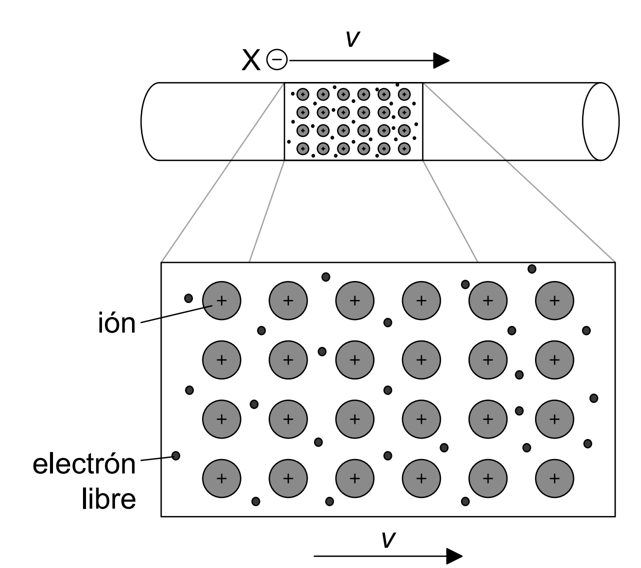


Sección B

Conteste **todas** las preguntas de **una** de las opciones. Escriba sus respuestas en las casillas provistas.

Opción A — Relatividad

4. Un electrón X se desplaza en paralelo a un cable que transporta corriente. Los iones positivos y el cable están fijos en el sistema de referencia del laboratorio. La velocidad de desplazamiento de los electrones libres en el cable es igual a la velocidad del electrón externo X.



(a) Defina *sistema de referencia*. [1]

. . . .

. . . .

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 4)

(b) En el sistema de referencia del laboratorio, la fuerza sobre X es magnética.

(i) Indique la naturaleza de la fuerza que actúa sobre X en el sistema de referencia en el que X está en reposo. [1]

. . . .

. . . .

(ii) Explique cómo surge esta fuerza. [3]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

5. (a) Defina *longitud propia*. [1]

. . . .

. . . .

(b) Un pion cargado se desintegra espontáneamente en un tiempo de 26 ns, tal como se mide en el sistema de referencia en el que está estacionario. El pion se desplaza con una velocidad de 0,96*c* con respecto a la Tierra. Calcule el tiempo de vida del pion que mediría un observador sobre la Tierra. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(c) En el sistema de referencia del pion, la Tierra se desplaza una distancia X antes de que el pion se desintegre. En el sistema de referencia de la Tierra, el pion se desplaza una distancia Y antes de que el pion se desintegre. Demuestre, con cálculos, cómo se aplica a esta situación la contracción de longitudes. [3]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

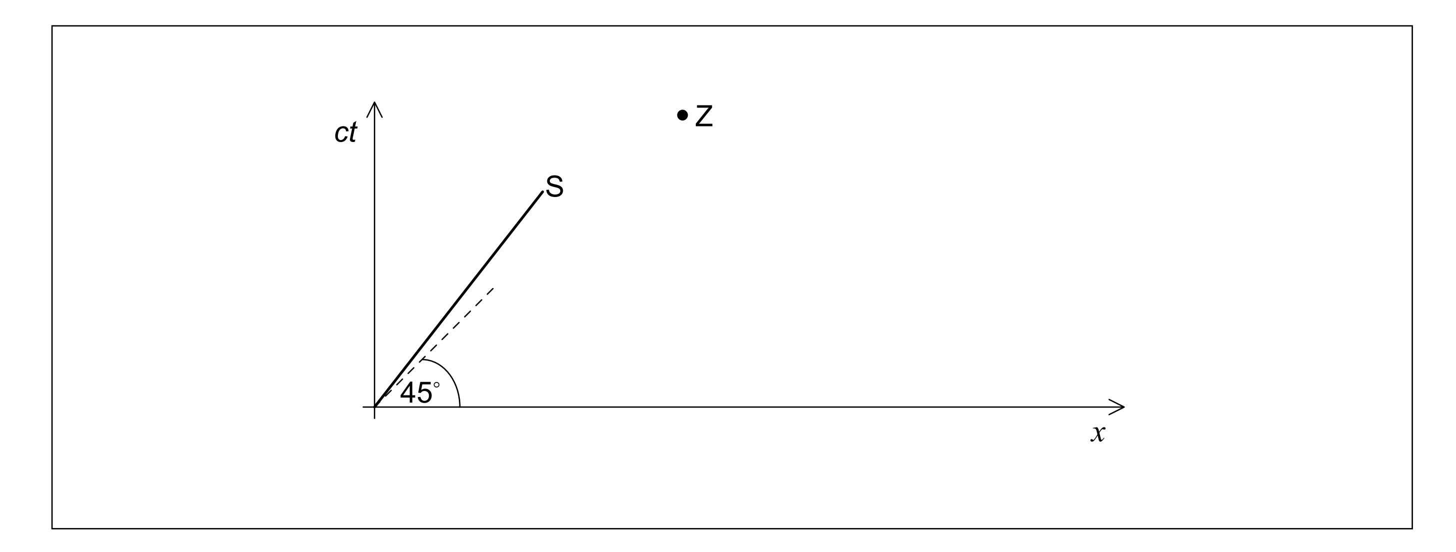
. . . .

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Opción A: continuación)

6. Una nave espacial S abandona la Tierra con una rapidez $v = 0{,}80c$. Se muestra el diagrama de espacio-tiempo para la Tierra. Se sincronizan un reloj en la Tierra y otro reloj en la nave espacial en el origen del diagrama de espacio-tiempo.



(a) Calcule el ángulo entre la línea de universo de S y la línea de universo de la Tierra. [1]

. . . .

. . . .

(b) Dibuje, sobre el diagrama, el eje x' para el sistema de referencia de S. [1]

(c) En el diagrama se muestra un suceso Z. Rotule las coordenadas de este suceso en el sistema de referencia de S. [1]

(La opción A continúa en la página siguiente)



((Opción A: continuación)

7. Dos gemelos idénticos, A y B, están inicialmente en la Tierra. El gemelo A permanece en la Tierra mientras que el gemelo B abandona la Tierra con una rapidez de 0,6*c* en un viaje de ida y vuelta hasta un punto situado a tres años luz de la Tierra.

(a) Calcule el tiempo invertido en el viaje en el sistema de referencia del gemelo A como se mediría en la Tierra. [1]

. . . .

. . . .

(b) Determine el tiempo invertido en el viaje en el sistema de referencia del gemelo B. [2]

. . . .

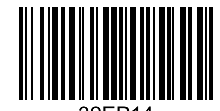
. . . .

. . . .

. . . .

(c) Dibuje, para el sistema de referencia del gemelo A, un diagrama de espacio-tiempo que represente las líneas de universo para los dos gemelos. [1]

(La opción A continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción A, pregunta 7)

(d) Sugiera cómo aparece la paradoja de los gemelos y cómo se resuelve. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

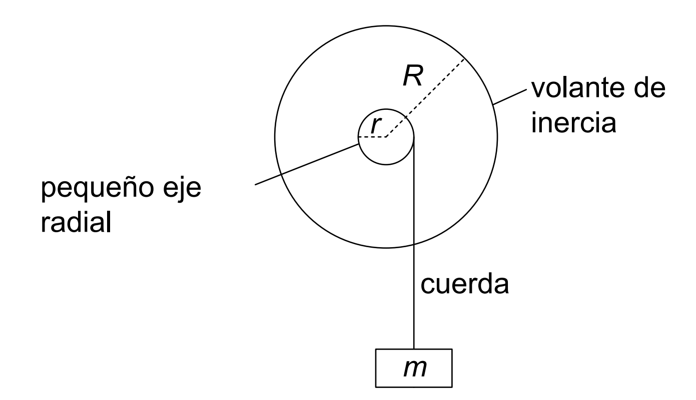
. . . .

Fin de la opción A



Opción B — Física en ingeniería

8. Un volante de inercia consta de un cilindro sólido, con un pequeño eje radial que sobresale de su centro.



Se dispone de los siguientes datos para el volante de inercia.

Masa del volante de inercia *M*	$= 1{,}22\,\text{kg}$
Radio del eje pequeño *r*	$= 60{,}0\,\text{mm}$
Radio del volante de inercia *R*	$= 240\,\text{mm}$
Momento de inercia	$= 0{,}5\,MR^2$

Se conecta un objeto de masa *m* al eje mediante una cuerda ligera y se deja que caiga en vertical desde el reposo, ejerciendo un momento de fuerza sobre el volante de inercia.

(a) La velocidad del objeto que cae es de $1{,}89\,\text{m}\,\text{s}^{-1}$ en 3,98 s. Calcule la aceleración angular media del volante de inercia. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(b) Muestre que el momento de fuerza que actúa sobre el volante de inercia es de alrededor de 0,3 Nm. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción B continúa en la página siguiente)

(Continuación: opción B, pregunta 8)

(c) (i) Calcule la tensión en la cuerda. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(ii) Determine la masa *m* del objeto que cae. [2]

. . . .

. . . .

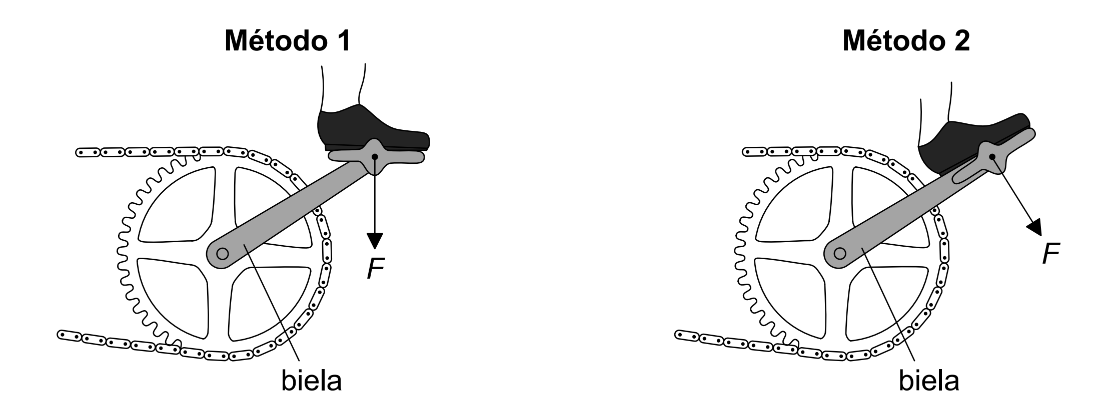
. . . .

. . . .

(La opción B continúa en la página siguiente)

(Opción B: continuación)

9. El diagrama muestra dos métodos de accionar por pedales una bicicleta aplicando una fuerza *F*.



En el método 1, el pedal se mantiene siempre horizontal respecto al suelo. Un alumno afirma que el método 2 es mejor porque el pedal se mantiene siempre paralelo a la biela. Explique por qué el método 2 es más eficaz. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

10. Una central nuclear ideal puede modelarse como un motor térmico que funciona entre una temperatura caliente de 612 °C y una temperatura fría de 349 °C.

(a) Calcule el rendimiento de Carnot de la central nuclear. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción B continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción B, pregunta 10)

(b) Explique, con una razón, por qué una central nuclear verdadera que funcione entre las temperaturas indicadas no puede alcanzar el rendimiento calculado en (a). [2]

. . . .

. . . .

(c) La central nuclear funciona a un 71,0 % del rendimiento de Carnot. La potencia producida es de 1,33 GW. Calcule cuánto desecho de energía térmica se libera por hora. [3]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(d) Discuta la producción de desecho de calor por parte de la central en relación con la primera y segunda leyes de la termodinámica. [3]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

Fin de la opción B

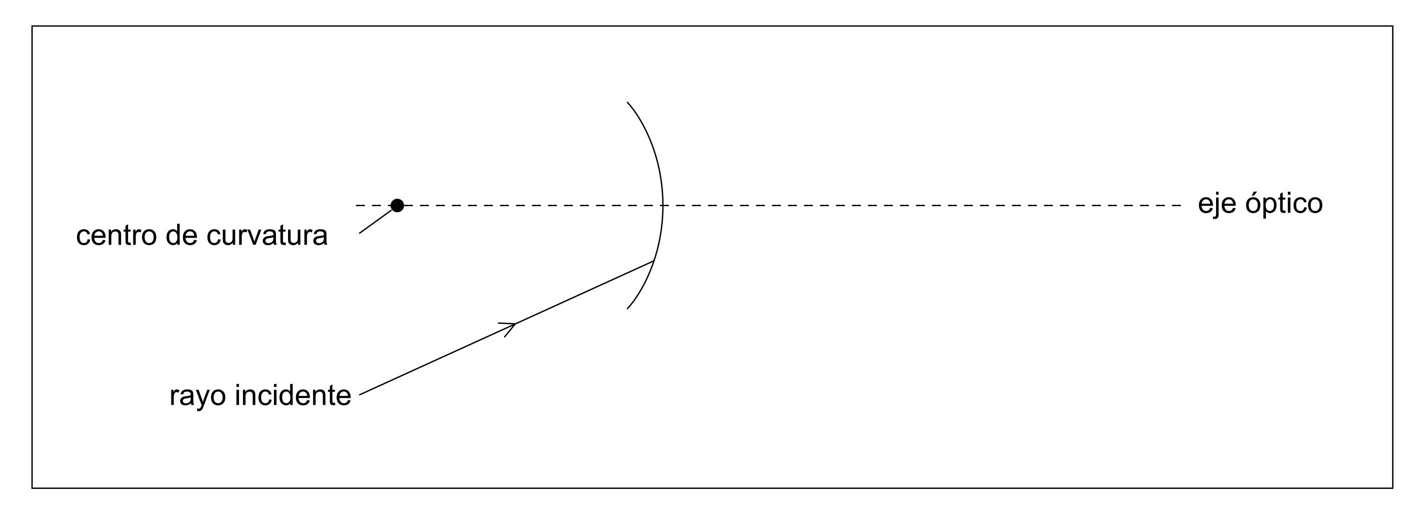
No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.

Opción C — Toma de imágenes

11. Los espejos convergentes esféricos son superficies reflectantes que se obtienen recortando una esfera. El diagrama muestra un espejo, en el que el punto representa el centro de curvatura del espejo.

(a) Sobre un espejo convergente incide un rayo de luz. Sobre el diagrama, dibuje la reflexión del rayo incidente mostrado. [2]



(b) El rayo incidente mostrado en el diagrama forma un ángulo significativo con el eje óptico.

(i) Indique la aberración producida por este tipo de rayos. [1]

. . . .

. . . .

(ii) Resuma cómo se corrige esta aberración. [1]

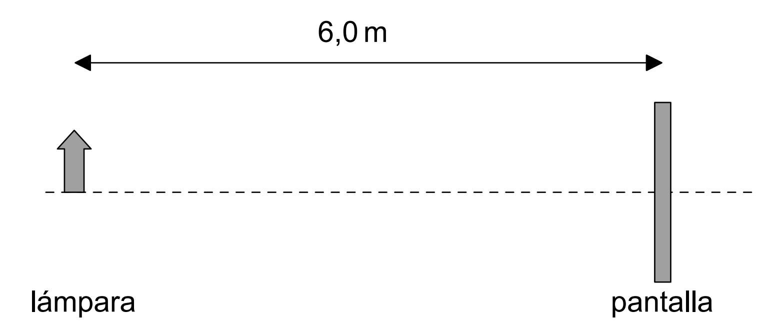
. . . .

. . . .

(La opción C continúa en la página siguiente)

(Opción C: continuación)

12. Se coloca una lámpara a 6,0 m de una pantalla.



En un punto entre la lámpara y la pantalla se coloca una lente de modo que se produce una imagen real invertida sobre la pantalla. La imagen producida es 4,0 veces mayor que la lámpara.

(a) Identifique la naturaleza de la lente. [1]

. . . .

. . . .

(b) Determine la distancia entre la lámpara y la lente. [3]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(c) Calcule la longitud focal de la lente. [1]

. . . .

. . . .

(La opción C continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción C, pregunta 12)

(d) Se mueve la lente a una segunda posición en la que la imagen sobre la pantalla vuelve a estar enfocada. La distancia lámpara–pantalla no varía. Compare las características de esta nueva imagen con la original. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción C continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Opción C: continuación)

13. Tanto los telescopios refractores ópticos como los microscopios compuestos constan de dos lentes convergentes.

(a) Compare las longitudes focales requeridas para la lente objetivo en un telescopio refractor y en un microscopio compuesto. [1]

. . . .

. . . .

(b) Un alumno tiene cuatro lentes convergentes de longitudes focales 5, 20, 150 y 500 mm. Determine el aumento máximo que puede obtenerse con un telescopio refractor utilizando **dos** de las lentes. [1]

. . . .

. . . .

(c) Hay telescopios ópticos con diámetros en torno a 10 m. Hay radiotelescopios de plato sencillo con diámetros como mínimo 10 veces mayores.

(i) Discuta por qué, para un mismo número de fotones incidentes por unidad de área, los radiotelescopios necesitan ser mucho mayores que los telescopios ópticos. [1]

. . . .

. . . .

(ii) Resuma cómo es posible que los radiotelescopios alcancen diámetros del orden de mil kilómetros. [1]

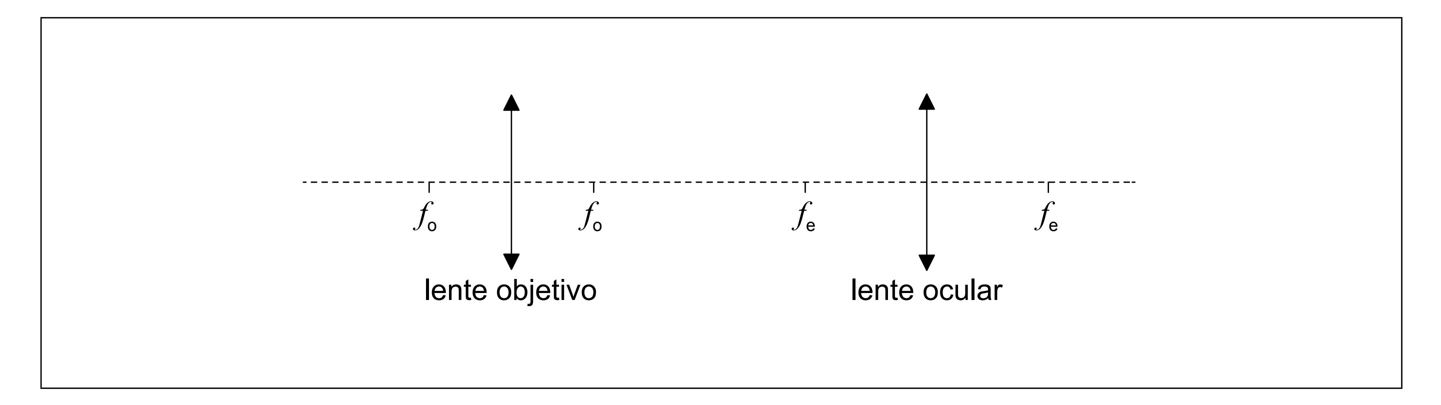
. . . .

. . . .

(La opción C continúa en la página siguiente)

(Continuación: opción C, pregunta 13)

(d) El diagrama muestra una vista esquemática de un microscopio compuesto, con los puntos focales f_o de la lente objetivo y los puntos focales f_e de la lente ocular marcados sobre el eje.



Sobre el diagrama, identifique con una X una posición adecuada para la imagen formada por el objetivo del microscopio compuesto. [1]

(e) La imagen 1 muestra detalles de los pétalos de una flor bajo la luz visible. La imagen 2 muestra la misma flor bajo luz ultravioleta. El aumento es el mismo, pero la resolución es mayor en la imagen 2.

Imagen 1



Imagen 2



Explique por qué un microscopio ultravioleta puede mejorar la resolución de un microscopio compuesto. [1]

. . . .

. . . .

(La opción C continúa en la página 27)



No escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



(Opción C: continuado de la página 25)

14. Las fibras ópticas pueden clasificarse según la manera en que la luz las atraviesa como fibras monomodo o multimodo. Las fibras multimodo pueden clasificarse en fibras de índice escalonado o de índice gradual.

(a) Indique la principal diferencia física entre las fibras de índice escalonado y las de índice gradual. [1]

. . . .

. . . .

. . . .

(b) Explique por qué las fibras de índice gradual ayudan a reducir la dispersión de guía de ondas. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

Fin de la opción C



Opción D — Astrofísica

15. Alpha Centauri A y B es un sistema binario de estrellas en la secuencia principal.

	Alpha Centauri A	**Alpha Centauri B**
Luminosidad	$1{,}5L_{\odot}$	$0{,}5L_{\odot}$
Temperatura superficial / K	5800	5300

(a) Indique qué se entiende por sistema binario de estrellas. [1]

. . . .

. . . .

(b) (i) Calcule $\frac{b_A}{b_B} = \frac{\text{brillo aparente de Alpha Centauri A}}{\text{brillo aparente de Alpha Centauri B}}$. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(ii) La luminosidad del Sol es de $3{,}8 \times 10^{26}$ W. Calcule el radio de Alpha Centauri A. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 15)

(c) Muestre, sin cálculos, que el radio de Alpha Centauri B es menor que el radio de Alpha Centauri A. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(d) Alpha Centauri A está en equilibrio con radio constante. Explique cómo se mantiene este equilibrio. [3]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción D continúa en la página siguiente)

(Continuación: opción D, pregunta 15)

(e) Se muestra un diagrama estándar de Hertzsprung–Russell (HR).

$\frac{L_{estrella}}{L_{\odot}}$

10^6
10^4
10^2
10^0
10^{-2}
10^{-4}

Sol

40 000   20 000   10 000   5000   2500

temperatura / K

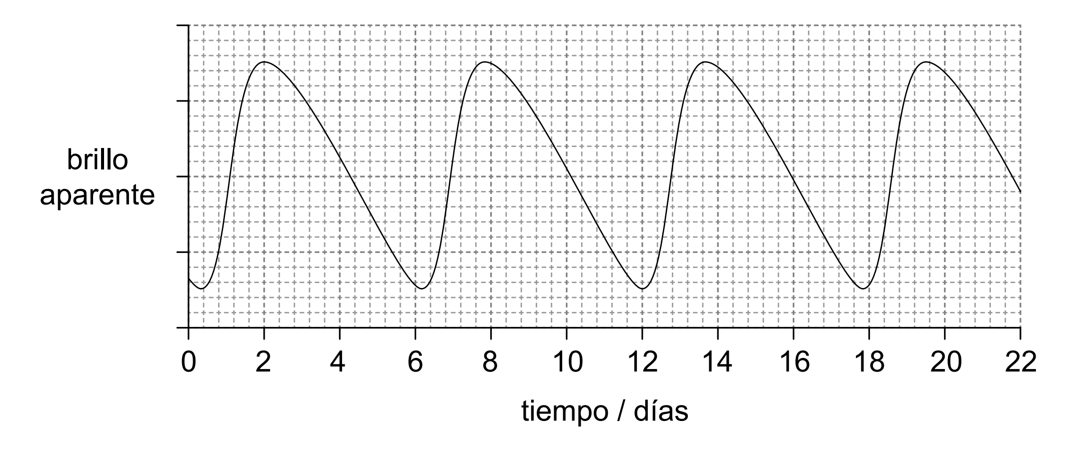
Utilizando el diagrama HR, dibuje la posición actual de Alpha Centauri A y su trayectoria evolutiva esperada. [2]

(La opción D continúa en la página siguiente)

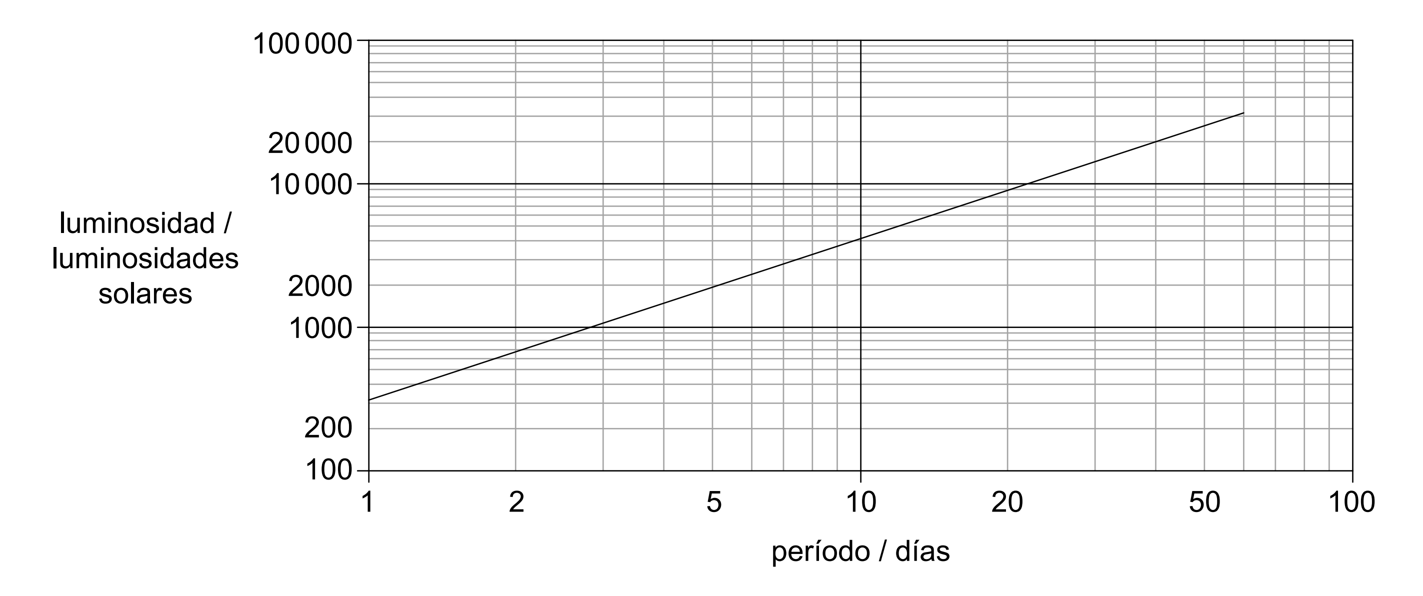


(Opción D: continuación)

16. La primera gráfica muestra la variación con el tiempo del brillo aparente de una estrella cefeida.



La segunda gráfica muestra la luminosidad media frente al período para las estrellas cefeidas.



(a) Determine la distancia de la Tierra a la estrella cefeida en pársecs. La luminosidad del Sol es de $3,8 \times 10^{26}$ W. El brillo aparente medio de la estrella cefeida es de $1,1 \times 10^{-9}$ W m^{-2}. [3]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(La opción D continúa en la página siguiente)



(Continuación: opción D, pregunta 16)

(b) Explique por qué se utilizan las cefeidas como velas (candelas) estándar. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

17. La longitud de onda máxima del espectro de la radiación cósmica de fondo de microondas (CMB) corresponde a una temperatura de 2,76 K.

(a) Identifique otras **dos** características de la radiación CMB que se pueden predecir a partir de la teoría del Big Bang caliente. [2]

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

(b) Una línea espectral del espectro del hidrógeno medido actualmente en el laboratorio tiene una longitud de onda de 21 cm. Desde la emisión de la radiación CMB, el factor de escala cósmica ha cambiado en un factor de 1100. Determine la longitud de onda de la línea espectral de 21 cm en la radiación CMB observada hoy en día. [1]

. . . .

Fin de la opción D



N16/4/PHYSI/SP3/ENG/TZ0/XX/M



Markscheme

November 2016

Physics

Standard level

Paper 3

22 pages



General Marking Instructions

1. Follow the markscheme provided, award only whole marks and mark only in **RED**.

2. Make sure that the question you are about to mark is highlighted in the mark panel on the right-hand side of the screen.

3. Where a mark is awarded, a tick/check (✓) **must** be placed in the text at the **precise point** where it becomes clear that the candidate deserves the mark. **One tick to be shown for each mark awarded.**

4. Sometimes, careful consideration is required to decide whether or not to award a mark. In these cases use RM™ Assessor annotations to support your decision. You are encouraged to write comments where it helps clarity, especially for re-marking purposes. Use a text box for these additional comments. It should be remembered that the script may be returned to the candidate. Please do not allow these annotations to obscure the written material. Try to keep these to the margin of the scan as far as possible. (Ticks should however be at the point of award, cf 4.)

5. Personal codes/notations are unacceptable.

6. Where an answer to a part question is worth no marks but the candidate has attempted the part question, use the “ZERO” annotation to award zero marks. Where a candidate has not attempted the part question, use the “SEEN” annotation to show you have looked at the question. RM™ Assessor will apply “NR” once you click complete.

7. If a candidate has attempted more than the required number of questions within a paper or section of a paper, mark all the answers. RM™ Assessor will only award the highest mark or marks in line with the rubric.

8. Ensure that you have viewed **every** page including any additional sheets. Please ensure that you stamp “SEEN” on any additional pages that are blank or where the candidate has crossed out his/her work.

9. There is no need to stamp an annotation when a candidate has not chosen an option. RM™ Assessor will apply “NR” once you click complete.

10. Mark positively. Give candidates credit for what they have achieved and for what they have got correct, rather than penalizing them for what they have got wrong. However, a mark should not be awarded where there is contradiction within an answer. Make a comment to this effect using a text box or the “CON” stamp.

Subject Details: Physics SL Paper 3 Markscheme

Candidates are required to answer **all** questions in Section A and **all** questions from **one** option in Section B. Maximum total = **35 marks**.

1. Each row in the “Question” column relates to the smallest subpart of the question.

2. The maximum mark for each question subpart is indicated in the “Total” column.

3. Each marking point in the “Answers” column is shown by means of a tick (✓) at the end of the marking point.

4. A question subpart may have more marking points than the total allows. This will be indicated by “**max**” written after the mark in the “Total” column. The related rubric, if necessary, will be outlined in the “Notes” column.

5. An alternative wording is indicated in the “Answers” column by a slash (***/***). Either wording can be accepted.

6. An alternative answer is indicated in the “Answers” column by “***OR***”. Either answer can be accepted.

7. An alternative markscheme is indicated in the “Answers” column under heading ***ALTERNATIVE 1*** *etc*. Either alternative can be accepted.

8. Words inside chevrons **« »** in the “Answers” column are not necessary to gain the mark.

9. Words that are <u>underlined</u> are essential for the mark.

10. The order of marking points does not have to be as in the “Answers” column, unless stated otherwise in the “Notes” column.

11. If the candidate’s answer has the same “meaning” or can be clearly interpreted as being of equivalent significance, detail and validity as that in the “Answers” column then award the mark. Where this point is considered to be particularly relevant in a question it is emphasized by ***OWTTE*** (or words to that effect) in the “Notes” column.

12. Remember that many candidates are writing in a second language. Effective communication is more important than grammatical accuracy.

13. Occasionally, a part of a question may require an answer that is required for subsequent marking points. If an error is made in the first marking point then it should be penalized. However, if the incorrect answer is used correctly in subsequent marking points then **follow through** marks should be awarded. When marking, indicate this by adding **ECF** (error carried forward) on the script. “ECF acceptable” will be displayed in the “Notes” column.

14. Do **not** penalize candidates for errors in units or significant figures, **unless** it is specifically referred to in the “Notes” column.

15. Allow reasonable substitutions where in common usage, eg ^{c} for rad.

Section A

Question			Answers	Notes	Total
1.	**a**	**i**	OY always smaller than OX ***AND*** uncertainties are the same/0.1 «so fraction $\frac{0.1}{\text{OY}} > \frac{0.1}{\text{OX}}$ » ✓		**1**
	a	**ii**	$\frac{0.1}{1.3}$ ***AND*** $\frac{0.1}{1.8}$ ✓ $= 0.13$ ***OR*** 13% ✓	*Watch for correct answer even if calculation continues to the absolute uncertainty.*	**2**
	b	**i**	total length of bar $= 0.2$ cm ✓	*Accept correct error bar in one of the points: OX = 1.8 cm* ***OR*** *OY = 5.8 cm (which is not a measured point but is a point on the interpolated line)* ***OR*** *OX = 5.8 cm.* *Ignore error bar of OX.* *Allow range from 0.2 to 0.3 cm, by eye.*	**1**
	b	**ii**	suitable line drawn extending at least up to 6 cm ***OR*** gradient calculated using two out of the first three data points ✓ inverse of slope used ✓ value between 1.30 and 1.60 ✓	*If using one value of OX and OY from the graph for any of the first three data points award* ***[2 max]****.* *Award* ***[3]*** *for correct value for each of the three data points and average.* *If gradient used, award* ***[1 max]****.*	**3**

Question			Answers	Notes	Total
	b	iii	«the equation $n = \frac{OX}{OY}$ » involves a tan approximation/is true only for small θ «when sinθ = tanθ» ***OR*** «the equation $n = \frac{OX}{OY}$ » uses OI instead of the hypotenuse of the ΔIOX or IOY ✓	*OWTTE*	**1**

2.	**a**		$\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-2}\text{K}^{-1}$ ✓		**1**
	b	**i**	any straight line that either goes or would go, if extended, through the origin ✓		**1**
	b	**ii**	for ideal gas *p* is proportional to *T* / P= nRT/V ✓ gradient is constant /graph is a straight line ✓ line passes through origin / 0,0 ✓		**2 max**

Question			Answers	Notes	Total
3.	**a**	**i**	18 «s» ✓	*Allow answer in the range of 17 «s» to 19 «s».* *Ignore wrong unit.*	**1**
	a	**ii**	36 «s» ✓	*Allow answer in the range of 35 «s» to 37 «s».*	**1**
	b		radioactive/nuclear decay ***OR*** capacitor discharge ***OR*** cooling ✓	*Accept any relevant situation, eg: critically damping, approaching terminal velocity.*	**1**

Section B

Option A — Relativity

Question			Answers	Notes	Total
4.	**a**		a coordinate system ***OR*** a system of clocks and measures providing time and position relative to an observer ✓	*OWTTE*	**1**
	b	**i**	electric ***OR*** electrostatic ✓		**1**
	b	**ii**	«as the positive ions are moving with respect to the charge,» there is a length contraction ✓ therefore the charge density on ions is larger than on electrons ✓ so net positive charge on wire attracts X ✓	*For candidates who clearly interpret the question to mean that X is now at rest in the Earth frame accept this alternative MS for bii* *the magnetic force on a charge exists only if the charge is moving ✓* *an electric force on X , if stationary, only exists if it is in an electric field ✓* *no electric field exists in the Earth frame due to the wire ✓* *and look back at b i, and award mark for there is no electric or magnetic force on X✓*	**3**

Question			Answers	Notes	Total
5.	**a**		the length of an object in its rest frame ✓		**1**
	b		$\frac{1}{\sqrt{(1-0.96^2)}}$ ***OR*** $\gamma = 3.6$ ✓ 93 «ns» ✓	*ECF for wrong* γ *Award **[2]** for a bald correct answer.*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
	c		«X is» 7.5 «m» in frame on pion ✓ «Y is» 26.8 «m» in frame on Earth ✓ identifies proper length as the Earth measurement ***OR*** identifies Earth distance according to pion as contracted length ***OR*** a statement explaining that one of the length is shorter than the other one ✓		**3**

6.	**a**		angle $= \tan^{-1}$ «$\frac{0.8}{1}$» $= 39$ «°» ***OR*** 0.67 «rad» ✓		**1**
	b		adds x'-axis as shown ✓ [diagram: ct, x axes; S; Z; x'-axis; 45°]	*Approximate same angle to $v = c$ as for ct'.* *Ignore labelling of that axis.*	**1**

Question			Answers	Notes	Total
	c		adds two lines parallel to ct' and x' as shown indicating coordinates ✓ ct, S, Z, x'-axis, 45°, x		1

7.	a		«$0.6\,ct = 6$ ly» so $t = 10$ «years» ✓	*Accept: If the 6 ly are considered to be measured from B, then the answer is 12.5 years.*	1
	b		***ALTERNATIVE 1*** $10^2 - 6^2 = t^2 - 0^2$ ✓ so t is 8 «years» ✓ ***ALTERNATIVE 2*** gamma is $\frac{5}{4}$ ✓ $10 \times \frac{4}{5} = 8$ «years» ✓	*Accept: If the 6 ly are considered to be measured from B, then the answer is 10 years.* *Allow ECF from a* *Allow ECF for incorrect γ in mp1*	2

Question			Answers	Notes	Total
	c		three world lines as shown ✓ twin A twin B (worldline to go and come back)	*Award mark only if axes* ***OR*** *world lines are labelled.*	**1**
	d		according to both twins, it is the other one who is moving fast therefore clock should run slow ✓ **«**it is not considered a paradox as**»** twin B is not always in the same inertial frame of reference ***OR*** twin B is actually accelerating **«**and decelerating**»** ✓	*Allow explanation in terms of spacetime diagram.*	**2**

Option B — Engineering physics

Question			Answers	Notes	Total
8.	**a**		***ALTERNATIVE 1*** $\omega_{\text{final}} = \frac{v}{r} = 31.5$ «rad s^{-1}» ✓ «$\omega = \omega_o + \alpha t$ so» $\alpha = \frac{\omega}{t} = \frac{31.5}{3.98} = 7.91$ «rad s^{-2}» ✓ ***ALTERNATIVE 2*** $a = \frac{1.89}{3.98} = 0.4749$ «m s^{-2}» ✓ $\alpha = \frac{a}{r} = \frac{0.4749}{0.060} = 7.91$ «rad s^{-2}» ✓	*Award **[1 max]** for $r = 0.24$ mm used giving $\alpha = 1.98$ «rad s^{-2}».*	**2**
	b		$\Gamma = \frac{1}{2}MR^2\alpha = \frac{1}{2} \times 1.22 \times 0.240^2 \times 7.91$ ✓ $= 0.278$ «Nm» ✓	*At least two significant figures required for MP2, as question is a "Show".*	**2**
	c	**i**	$F_T = \frac{\Gamma}{r}$ ✓ $F_T = 4.63$ «N» ✓	*Allow 5 «N» if $\Gamma = 0.3$ Nm is used.*	**2**
	c	**ii**	$F_T = mg - ma$ so $m = \frac{4.63}{9.81 - 0.475}$ ✓ $m = 0.496$ «kg» ✓	*Allow ECF*	**2**

Question			Answers	Notes	Total
9.			in method 1 the perpendicular distance varies from 0 to a maximum value, in method 2 this distance is constant at the maximum value ***OR*** angle between *F* and *r* is 90° in method 2 and less in method 1 ***OR*** $\Gamma = F \times$ perpendicular distance ✓ perpendicular distance/ torque is greater in method 2 ✓		**2**

10.	**a**		correct conversion to K **«**622 K cold, 885 K hot**»** ✓ $\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}}} = 1 - \frac{622}{885} = 0.297$ ***or*** 29.7% ✓	*Award **[1 max]** if temperatures are not converted to K, giving result 0.430.*	**2**
	b		the Carnot efficiency is the maximum possible ✓ the Carnot cycle is theoretical/reversible/impossible/infinitely slow✓ energy losses to surroundings **«**friction, electrical losses, heat losses, sound energy**»** ✓	*OWTTE*	**2 max**
	c		$0.71 \times 0.297 = 0.211$ ✓ $1.33/0.211 \times 0.789 = 4.97$ **«**GW**»**✓ $4.97\text{GW} \times 3600 = 1.79 \times 10^{13}$ **«**J**»** ✓	*Allow solution utilizing wasted power **«**78.9 %**»**.* *Award **[2 max]** if 71 % used as the overall efficiency giving an answer of 1.96×10^{12} J.* *Award **[3]** for bald correct answer.* *Watch for ECF from (a).*	**3**

Question			Answers	Notes	Total
	d		Law 1: net thermal energy flow is $Q_{IN} - Q_{OUT}$ ✓	Q_{OUT} *refers to "waste heat"*	**3 max**
			Law 1: $Q_{IN} - Q_{OUT} = \Delta Q = \Delta W$ as ΔU is zero ✓		
			Law 2: does not forbid $Q_{OUT} = 0$ ✓		
			Law 2: no power plant can cover 100 % of Q_{IN} into work ✓		
			Law 2: total entropy must increase so some Q must enter surroundings ✓	*OWTTE*	

Option C — Imaging

Question			Answers	Notes	Total
11.	**a**		***ALTERNATIVE 1*** for incident ray, normal drawn which pass through C ✓ reflected ray drawn such as $i = r$ ✓ ***ALTERNATIVE 2*** drawn second ray through C, parallel to incident ray ✓ adds focal plane and draws reflected ray so that it meets 2nd ray at focal plane ✓	*$i = r$ by eye* *If normal is not visibly constructed using C, do not award MP1.* *If no normal is drawn then grazing angles must be equal for MP2.* *Focal plane position by eye, half-way between C and mirror.*	**2**
	b	**i**	spherical «aberration» ✓		**1**
	b	**ii**	using parabolic mirror ***OR*** reducing the aperture ✓		**1**

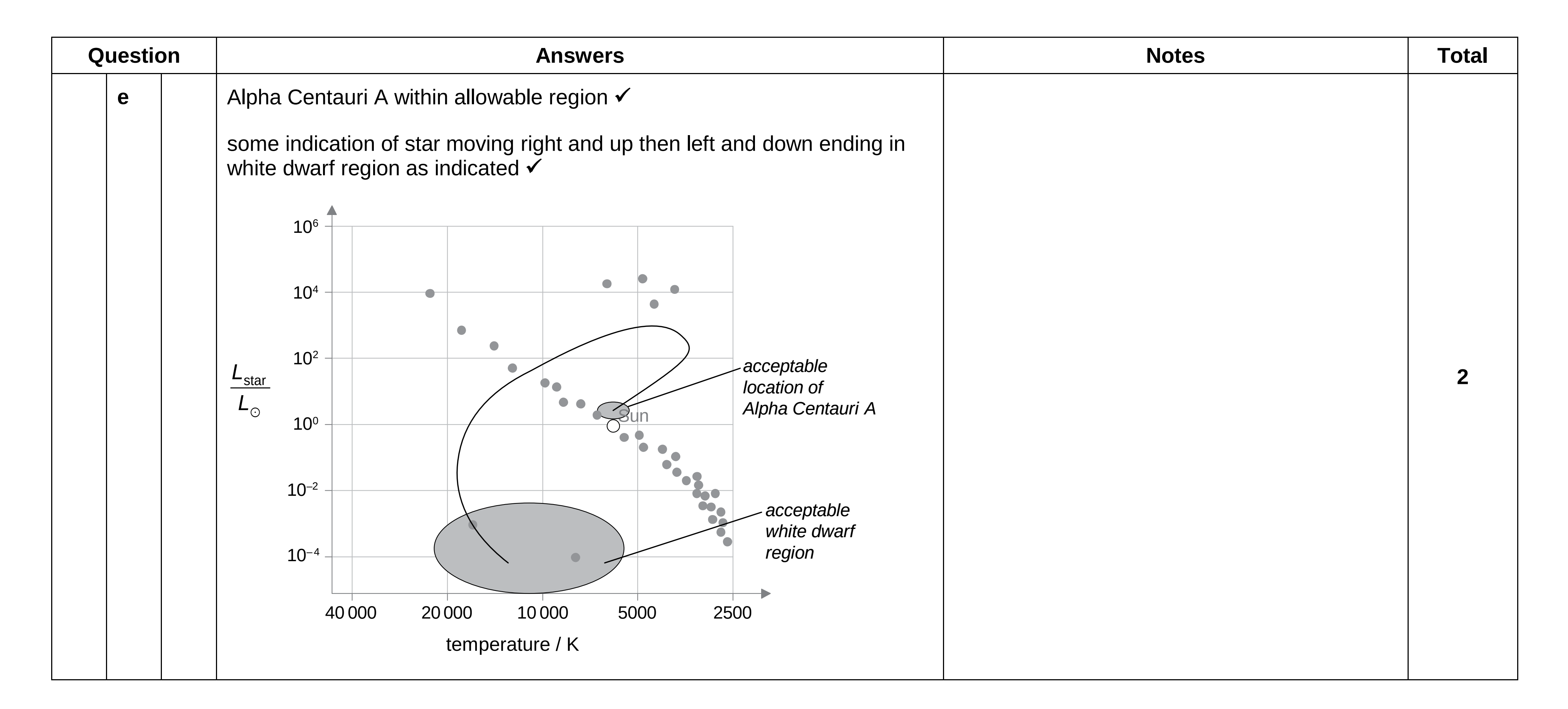
Question			Answers	Notes	Total
12.	**a**		converging/positive/biconvex/plane convex ✓	*Do not accept convex.*	**1**
	b		$\frac{v}{u}=4$ ✓ $v+u=6$ ✓ so lens is 1.2 **«**m**»** from object ***or*** u = 1.2 **«**m**»** ✓	*Award **[3]** for a bald correct answer.* *Allow **[1]** if the answer is 4.8 «m».*	**3**
	c		**«** $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$, so $\frac{1}{1.2}+\frac{1}{4.8}=\frac{1}{f}$, so **»** $f=$ 0.96 **«**m**»** ***or*** 1 **«**m**»** ✓	*Watch for ECF from (b)*	**1**
	d		real ***AND*** inverted ✓ smaller ***OR*** diminished ✓		**2**

Question			Answers	Notes	Total
13.	**a**		$f_{\text{OBJECTIVE}}$ for telescope $>$ $f_{\text{OBJECTIVE}}$ for microscope ***OR*** $f_{\text{OBJECTIVE}}$ for telescope $>$ f_{EYEPIECE} for telescope but $f_{\text{OBJECTIVE}}$ for microscope $<$ f_{EYEPIECE} for microscope ✓		**1**
	b		$\frac{500}{5}$ ***OR*** 100 times ✓		**1**
	c	**i**	RF photons have smaller energy, so signal requires larger dish ✓ RF waves have greater wavelength, good resolution requires larger dish ✓	*Must see both, reason and explanation.*	**1 max**
	c	**ii**	use of an array of dishes/many mutually connected antennas **«**so the effective diameter equals to the distance between the furthest antennas**»** ✓		**1**
	d		between f_e and eyepiece lens, on its left ✓ accepted position for X f_o f_o f_e f_e objective lens eyepiece lens	*Accept any clear indication of the image (eg: X, arrow, dot).* *Accept positions which are slightly off axis.*	**1**
	e		resolution improves as wavelength decreases ***AND*** wavelength of UV is smaller ***OR*** gives resolution formula ***AND*** adds that λ is smaller for UV ✓		**1**

Question			Answers	Notes	Total
14.	**a**		step-index fibres have constant **«**core**»** refracting index, graded index fibres have refracting index that reduces/decreases/gets smaller away from axis ✓	*OWTTE but refractive index is variable is not enough for the mark.* *Award the mark if these ideas are evident in the answer to 14(b).*	**1**
	b		**«**in graded index fibres**»** rays travelling longer paths travel faster ✓ so that rays travelling different paths arrive at same/similar time ✓	*Ignore statements about different colours/wavelengths.*	**2**

Option D — Astrophysics

Question			Answers	Notes	Total
15.	**a**		two stars orbiting about a common centre **«**of mass/gravity**»** ✓	*Do not accept two stars orbiting each other.*	**1**
	b	**i**	stars are roughly at the same distance from Earth ***OR*** *d* is constant for binaries ✓ $\frac{L_A}{L_B} = \frac{1.5}{0.5} = 3.0$ ✓	*Award **[2]** for a bald correct answer.*	**2**
	b	**ii**	$r = \sqrt{\frac{1.5 \times 3.8 \times 10^{26}}{5.67 \times 10^{-8} \times 4\pi \times 5800^4}}$ ✓ $= 8.4 \times 10^8$ **«**m**»** ✓	*Award **[2]** for a bald correct answer.*	**2**
	c		**«**$A = \frac{L}{\sigma T^4}$**»** B and A have similar temperatures ✓ so areas are in ratio of luminosities ✓ **«**so B radius is less than A**»**		**2**
	d		radiation pressure/force outwards ✓ gravitational pressure/force inwards ✓ forces/pressures balance ✓		**3**



Question			Answers	Notes	Total
	e		Alpha Centauri A within allowable region ✓ some indication of star moving right and up then left and down ending in white dwarf region as indicated ✓		**2**

Question			Answers	Notes	Total
16.	**a**		from first graph period $=5.7$ «days» ± 0.3 «days» ✓ from second graph $\frac{L}{L_{SUN}} = 2300$ «± 200» ✓ $d =$ «$\sqrt{\frac{2500 \times 3.8 \times 10^{26}}{4\pi \times 1.1 \times 10^{-9}}} = 8.3 \times 10^{18}$ m» =250 «pc» ✓	*Accept answer from interval 240 to 270 pc If unit omitted, assume pc.* *Watch for ECF from mp1*	**3**
	b		Cepheids have a definite/known «average» luminosity ✓ which is determined from «measurement of» period ***OR*** determined from period-luminosity graph ✓ Cepheids can be used to estimate the distance of galaxies ✓	*Do not accept brightness for luminosity.*	**2 max**

17.	**a**		isotropic/appears the same from every viewing angle ✓ homogenous/same throughout the universe ✓ black-body radiation ✓		**2 max**
	b		23 100 «cm» ***OR*** 231 «m» ✓		**1**